Universidad Politécnica de Cataluña
Departamento de Construcciones Arquitectónica
Centro de Políticas del Suelo y Valoraciones
Master oficial en Gestión y Valoración Urbana

Tesis de Master Oficial en Gestión y Valoración Urbana

LA EXPANSIÓN URBANA DISCONTINUA ANALIZADA DESDE EL ENFOQUE DE ACCESIBILIAD TERRITORIAL APLICACIÓN A SANTIAGO DE CHILE

Alumno: Jorge Cerda Troncoso

Director: Dr. Carlos Marmolejo Duarte

Septiembre 2007

INDICE

CAPITULO 1.- INTRODUCCION ……..4

CAPITULO 2.- CONTEXTO TEORICO DE LA EXPANSIÓN URBANA…….7

2.1.- El problema de la clasificación urbano/rural…….. .7
2.2.- La ciudad y otros conceptos asociados…….8
2.3.- La urbanización: concentración y expansión ……..9
2.4.- La expansión urbana y el fenómeno "Sprawl"……10
2.4.1.- Formas espaciales de sprawl……12
2.4.2.- El porque de la discontinuidad……13
2.4.3.- Los efectos de la urbanización discontinua……14
2.5.- La Contra urbanización……..16

CAPITULO 3.- MIDIENDO Y MODELANDO LA URBANIZACIÓN DISPERSA……..19

3.1.- Medición de la urbanización dispersa: listado de indicadores…….. 19
3.2.- Medición de la urbanización dispersa: del listado de indicadores a las técnicas estadísticas…… 20
3.3.- Medición de la urbanización dispersa: finalmente un enfoque mutidimensional …….23
3.4.- Estado del arte en Modelamiento urbano……..28
3.4.1.- Modelos de interacción espacial ……29
3.4.2.- Modelos de uso de suelo y Transporte (modelos de localización) ……29
3.4.3.- Modelos de simulación urbana ……..34

CAPITULO 4.- HIPOTESIS Y METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN…….37

4.1.- Análisis crítico ……..37
4.2.- Construcción de un marco conceptual para el fenómeno de la urbanización dispersa….39
4.3.- Hipótesis de investigación……42
4.4.- Análisis previos: la accesibilidad……..43
4.5.- Metodología de investigación……45
4.5.1.- Objetivos de la investigación……..45
4.5.2.- Definiciones conceptuales previas, y variables relevantes…….46
4.5.3.- Secuencia metodológica seguida ……47

CAPITULO 5.- ANALISIS EMPIRICO APLICADO A LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CHILE, 1991 -2001…….60

5.1.- Presentación de la ciudad de Santiago de Chile…….60
5.1.1.- Demografía y urbanización…….60
5.1.2.- Normativa urbana……63
5.1.3.- Santiago de Chile en comparación con otras ciudades……67
5.2.- Resultados de la aplicación de la metodología……..67
5.2.1.- Etapa I.- Comportamiento locacional y migratorio de la población……67
5.2.1.1.- Nivel socioeconómico de la población…….67
5.2.1.2.- Unidad de análisis y Migración de hogares……..70
5.2.1.3.- Variables finales ……76
5.2.2.- Etapa II.- Probabilidad funcional del territorio……...79
5.2.2.1.- Característica de la interacción…….79
5.2.2.2.- Patrón de movilidad funcional-espacio/temporal…….83
5.2.2.3.- Centralidades funcionales…….90
5.2.2.4.- Probabilidad funcional……..93
5.2.2.5.- Variables finales……96
5.2.3.- Etapa III.- Medias de accesibilidad y comportamiento migratorio en el territorio…….98

CAPITULO 6.- CONCLUSIONES Y NUEVAS LINEAS DE INVESTIGACION…….101

BIBLIOGRAFÍA…….103

CAPITULO 1.- INTRODUCCION

El acelerado aumento de la población urbana asociado a los nuevos procesos territoriales ubica, en el centro de la discusión, la preocupación acerca del crecimiento de las ciudades. Este crecimiento ha sido históricamente asimilado tanto al crecimiento demográfico, asociado a la movilidad intraurbana y al crecimiento vegetativo (sin desestimar el crecimiento económico); como a la expansión física de esta (aumento de la superficie urbanizada) como una respuesta a la demanda de suelo urbano para la localización de viviendas y actividades relacionadas. Este último proceso es el que ha dado paso al "fantasma" de la mancha de aceite, de la cual muchos investigadores discuten.

Las tradicionales líneas de análisis urbano plantean que el mayor impacto territorial de la expansión urbana son la disminución de tierras agrícolas, aumento en la congestión y tráfico, manejo de aguas y residuos, contaminación atmosférica, significativa pérdida de población en las áreas centrales, aumento de la segregación socio espacial de estratos altos, así también un aumento de los tiempos de viaje, producto del tendiente crecimiento periférico.

La generalidad de las investigaciones que actualmente analizan la morfología urbana plantean la dicotomía entre la ciudad compacta versus la ciudad dispersa, catalogando a esta ultima como la ciudad "fragmentada", "difusa", "confusa", "dual", etc. Se asocia una serie de connotaciones negativas a la denominada "fragmentación", ya sea en el contexto energético, económico, ambiental, social, etc. [6]

Históricamente [13] las ciudades se diferenciaron de las áreas rurales, por ser un conjunto compacto de edificaciones, cuyos escasos intersticios estaban destinados al desplazamiento y al mercado. El ferrocarril y los tranvías son los primeros que rompen la ciudad, en la segunda mitad del XIX y principios del XX. Así, surgen los primeros núcleos de urbanización entorno a estaciones y paradas. El uso del automóvil, a partir de los años 50 indujo la localización de actividades urbanas hacia la periferia, facilitando la aparición de una urbanización dispersa, cuya distancia al centro se amplía considerablemente con la construcción de redes de autopistas en torno a las grandes aglomeraciones, cinturones y radiales, que han extendido a territorios cada vez más amplios el proceso de difusión urbana.

Paradojalmente, el argumento original del proceso de dispersión y difusión urbana tienen su origen en la búsqueda de mejores condiciones ambientales, calidad de vida, y precios del suelo más reducidos. Entonces, el modelo de crecimiento discontinuo y disperso no es, en general, el resultado de un plan que haya tenido en cuenta la disposición de las infraestructuras de transporte y la de los núcleos urbanizados, ni tampoco de un plan que haya dejado sin urbanizar los terrenos menos aptos o peor situados. Es básicamente un modelo espontáneo que se apoya en gran medida de la infraestructura existente, en el que la gestión inmobiliaria y la actuación personal de los distintos agentes resultan decisivas.

En definitiva, la ciudad dispersa o difusa constituye una forma de asentamiento muy exigente en materia de movilidad, difícil de afrontar mediante medios de transporte colectivo y que, por tanto, induce al uso intensivo del automóvil privado para los desplazamientos urbanos. [13]

Con la ruptura de la ciudad continua en la década de los 40 50, surge la imagen fragmentada y alveolar de la ciudad, la que da pie al surgimiento del urbanismo de las redes. [15]

Tony Garnier y luego Le Corbusier, entendieron como las transformaciones tecnológicas que afectaban a la industria, la sociedad, impactarían también en las formas de las ciudades. Las innovaciones en medios de transporte, transmisión de energía, medios de comunicación, y otros fueron percibidas muy pronto por Cerdá, Howard, Henard, Chambless o Wright. La red, como concepto y no como objeto, emerge progresivamente en la historia reciente porque plantea una nueva organización del espacio, identificando tipos de relaciones espacio/tiempo/, información/territorio, característicos de la sociedad moderna.

En el fondo, y hablando de territorios, parece que hay dos concepciones opuestas. El urbanismo siempre ha privilegiado imágenes definida por zonas, límites y fronteras, en cuyo seno se ejercen los poderes. A esta concepción parece oponérsele la de una territorialidad reticular, que va mas allá de las zonificaciones y las barreras, y en la que se ejercen otros poderes. Cerdá había intuido el dilema de la nueva ciudad sometida a las atracciones antagonistas de los dos polos de la habitabilidad y de la vialidad, a partir de entonces habría que ofrecer a los ciudadanos una territorialidad compleja. La problemática principal de Cerdá fue ¿Cómo conciliar la habitabilidad del territorio con la movilidad? y ¿Cómo modelar un urbanismo de redes armonizado con un urbanismo que produzca lugares aptos para crear una identidad local a diferentes escalas y según diversas modalidades? En los nuevos desarrollos del urbanismo moderno, se reconoce al territorio de las redes como su nuevo paradigma de entendimiento y modelación.

Algunos autores han catalogado el fenómeno de la expansión urbana como una “expansión mirando hacia el centro”. Las formas de esta expansión son varias, surgiendo muchos conceptos asociados como suburbios, edge cities, contraurbanización, sprawl, etc. Es este ultimo concepto, ***“urban sprawl”***, el que se analiza principalmente en esta investigación.

Si bien existe divergencia respecto de lo que se entiende por “sprawl”, en términos generales se reconoce como un desarrollo urbano disperso, separado de la periferia de las ciudades, descoordinado y sin tomar en cuenta los efectos sociales y ambientales que produce. Una de las muchas líneas de entendimiento y explicación de este fenómeno tiene que ver con las denominadas fuerzas centrifugas y centrípetas del desarrollo urbano. Esta forma de ver la expansión urbana, permite presuponer variadas combinaciones de estas fuerzas, que originan los distintos tipos de expansión en función de cual sea la fuerza predominante. La forma de expansión característica en ciudades norte americanas son bajas densidades en asentamientos dispersos, es decir, donde el desarrollo urbano no es contiguo, conformando así lo que se denomina “región urbana”. Otro tipo es el de algunas ciudades europeas con densidades altas, pero con una distribución homogénea de entidades discontinuas, así tanto la ciudad como los suburbios presentan espacios vacíos o no desarrollados. Estos espacios vacíos, en donde no se da el desarrollo urbano, son los que permiten argumentar la relativa ineficiencia y/o descoordinación de este formato de expansión.

En distintas ciudades, se han desarrollado estudios para conocer la diferenciación urbana en las distintas zonas de expansión, para llegar así a un mejor entendimiento del fenómeno. En el

estudio de Nelson y Sánchez [19], sobre 22 ciudades norteamericanas, se llega a establecer diferencias estadísticamente significativas entre los habitantes y sus características, de las zonas definidas como sub-urbanas y ex-urbanas (o extra urbanas). Entre otras, se analizaron características de composición familiar, ocupación, ingreso, patrones de viaje, etc. En el estudio de Oscar Mascarilla [18] se explica el patrón de movimiento residencia-trabajo en base a un modelo teórico matemático que considera los gradientes o diferencias relativas entre distintos elementos urbanos (precios de suelo, tamaño poblacional, superficie de viviendas, nivel de empleo, salarios, accesibilidad -tiempo de viaje-), para finalmente identificar relaciones causales de expulsión y atracción en el mercado residencial y del capital (actividades económicas que generan empleo).

Es en este contexto que surge la presente investigación, motivada por el desafió de tener un entendimiento más contextual del fenómeno sprawl, para posteriormente identificar una priorización, u orden, en las condiciones que inducen el fenómeno.

La presente investigación se estructura en 6 capítulos. En el capitulo 2 se presenta el contexto teórico referido al fenómeno general de expansión urbana. En el capítulo 3 se presentan las distintas formas de medir expansiones urbanas dispersas, además de analizar en forma crítica las actuales metodologías de modelamiento urbano, y su capacidad para replicar expansiones discontinuas. En el capítulo 4 se estructura y presenta la hipótesis de la presente investigación, así como también se presenta el objetivo de la investigación, y la metodología seguida para la verificación de la hipótesis. En e capítulo 5 se presenta la aplicación de la metodología al caso de la ciudad de Santiago de Chile, para los años 1991 y 2001, y la discusión de los resultados obtenidos. Finalmente en el capítulo 6 se presentan las conclusiones de esta investigación, y las nuevas líneas de investigación que se abren al respecto.

CAPITULO 2.- CONTEXTO TEORICO DE LA EXPANSIÓN URBANA

Como se planteara en el punto anterior, por crecimiento urbano se entiende el crecimiento demográfico, económico, y físico de la ciudad (aumento de la superficie urbanizada como respuesta a la demanda de suelo urbano para la localización de viviendas y actividades relacionadas). Este último proceso es el que se reconoce en la literatura con el nombre de urbanización, sobre el cual se han desarrollado una serie de enfoques de entendimiento, y conceptos acuñados para reconocer situaciones características, como por ejemplo suburbio, edge cities, contraurbanización, sprawl, etc. El objetivo de este capítulo es presentar, desde su concepción teórica y/o práctica, cada uno de estos conceptos, con el fin de tener claridad de las diferencias y similitudes entre ellos, y además poder estructurar una interpretación integrada de los mismos.

2.1.- El problema de la clasificación urbano/rural

Conocida es la polémica teórica con profundas consecuencias políticas y sociales respecto de los conceptos urbano/rural. La definición de la ciudad y la determinación del límite de lo urbano, o, en ocasiones, de la existencia de un continuo rural–urbano, han sido cuestiones ampliamente debatidas por investigadores y por los organismos oficiales de estadísticas y que ha tenido muy diversas soluciones.

Desafortunadamente, no se dispone de una definición acertada y aceptable de lo que deba entenderse por urbano. Más bien, lo que se conoce del concepto es su operatividad. Es decir, el concepto es definido a partir de sus dimensiones e indicadores que se practican, basándose en ciertas conjeturas respecto de la cantidad de personas que viven en un cierto territorio, que disponen de bienes y servicios básicos, definidos como esenciales para la subsistencia del ser humano (electricidad, agua potable, alcantarillado, etc.) y/o con una cierta participación en la actividad económica.

Tal como podría esperarse, la misma diversidad que existe en las definiciones teóricas del hecho urbano (en contraposición a lo rural), y la enumeración de los rasgos esenciales de la ciudad, aparecen igualmente las definiciones concretas del hecho urbano por los organismos oficiales de estadística de cada país. Estas pueden agruparse en dos grandes grupos: por un lado, las que se basan en criterios cualitativos, tales como el estatuto jurídico, la función administrativa, el aspecto del núcleo, la existencia de determinados servicios: por otro, las basadas en criterios cuantificables, como el número de habitantes, la densidad o la existencia de una determinada cifra de trabajadores no agrícolas.

De esta manera los rasgos que con más frecuencia se han considerado para identificar y clasificar el hecho urbano han sido, fundamentalmente el tamaño y la densidad, el aspecto del núcleo, la actividad no agrícola y el modo de vida. El tamaño, medido en número de habitantes, se ha considerado con gran frecuencia como una característica fundamental, aunque, en general, a un nivel teórico, ha sido utilizada junto con otras características. Lo más frecuente es considerar la densidad de habitantes o de edificios. Estos criterios fueron utilizados de forma casi exclusiva,

tanto por sociólogos como por geógrafos, en los primeros momentos del desarrollo de los estudios urbanos.

La forma y el aspecto de la aglomeración ha sido utilizado como criterio esencial de clasificación -aunque sin gran convicción y, desde luego, sin mucho éxito- por algunos autores. Un ejemplo podría ser el de H. Dörries cuando sostiene que una ciudad se reconoce *"por su forma más o menos ordenada, cerrada, agrupada alrededor del núcleo fácil de distinguir y con un aspecto muy variado, acompañada de los elementos más diversos"*

Mucho más completa es la clasificación que da el norteamericano Aurousseau al incluir junto a la industria y al comercio otros servicios especializados. La contraposición entre lo rural y lo urbano se fórmula así explícitamente: *"rurales son aquellos sectores de población que se extienden en la región y se dedican a la producción de los artículos primarios que rinde la tierra; los sectores urbanos, en cambio, incluyen a las grandes masas concentradas que no se interesan, al menos en forma inmediata, por la obtención de materias primas, alimenticias, textiles o de confort en general, sino que están vinculadas a los transportes, a las industrias, al comercio, a la instrucción de la población, a la administración del Estado o simplemente a vivir en la ciudad"*

Esta síntesis de algunas de las formas de clasificar lo urbano muestra las dificultades que presenta el intentar abstraer las características esenciales de esa realidad variada a la que llamamos "ciudad". Las dificultades derivan, ante todo, de la diversidad de situaciones sociales en que aparece, y de la necesidad de introducir la perspectiva histórica en su caracterización.

2.2.- La ciudad y otros conceptos asociados

Según la real academia española la palabra ciudad proviene del latín "civitatem", que a su vez proviene de "civis" – "ciudadano", y que originalmente significaba "conjunto de ciudadanos" o "Estado".

La palabra "urbano" y "urbanismo" vienen del latín "urbs-urbis", ciudad. La "Urbs" era Roma, pero se generalizó a otras "urbes". Lo interesante de la palabra es la raíz "ur" para referirse a la ciudad, que aparece en prácticamente todo el mundo.

La palabra "suburbio" viene del latín "suburbium", que significa barrio, sector o comuna ubicado en la periferia de esta. En le edad media se asociaba a las zonas fuera del muro que limitaba la ciudad.

En general, la **ciudad** se reconoce primeramente como un asentamiento humano con gran cantidad de población, y con un particular status administrativo, legal e histórico. En Estados Unidos, la ciudad es primeramente un término legal que significa un área urbana con relativa autonomía, más que un gran asentamiento. Una ciudad es una entidad urbana con alta densidad de población en la que predominan fundamentalmente la industria y los servicios. [21]

Un **suburbio** es un barrio, sector o comuna, ubicado en la periferia de la ciudad. Un suburbio debe contar con equipamientos y servicios (hospitales, clínicas, escuelas, colegios, universidades, centros comerciales, transporte interno, etc.) para satisfacer las necesidades del habitante

suburbano, y que no tenga que viajar al centro de la ciudad. Se caracterizan por tener preferentemente gente joven de clase media trabajadora, que se establecen en polinucleos menores, dispersos pero cercanos a la ciudad (comunicados con buenos sistemas de transporte hacia la periferia). La forma de convivencia social es por amistades, en espacios públicos, escuelas, plazas, fiestas, etc., que logra una calidad de vida y de habitabilidad superior a la ciudad (espacios verdes, paisaje abierto, etc.). Estos ciudadanos buscan la libertad personal como autonomía, mayores espacios entre las unidades familiares. Estas conurbaciones alcanzan su identidad como ciudades de un nuevo tipo: viviendas dispersas que disponen de centros comerciales, educativos, sanitarios y tecnológicos, que sirven a cada una de las nuevas porciones o núcleos del área metropolitana, especificando el rol clásica de la ciudad principal respecto de ser centro administrativo y de servicios (con menos habitantes permanentes que han sido desplazados a los suburbios de viviendas más económicas o a los núcleos de expansión a distancia razonable del lugar de trabajo) [21]

2.3.- La urbanización: concentración y expansión

Por urbanización se entiende al proceso en el tiempo, de concentración de población en áreas urbanas. En la actualidad se pueden reconocer dos formatos claros de urbanización, que tienen que ver con la dirección o movimiento de la población urbana, uno es el formato centrípeto y el otro es de formato centrífugo de urbanización. Los movimientos centrípetos, fueron los que dieron lugar al modelo de urbanización del siglo XIX, es decir, la atracción de población rural a los centros fabriles de las ciudades industrializadas, de manera que los centros urbanos fueron creciendo y centralizando progresivamente mayores volúmenes de población, capacidad de decisión, y recursos. Los movimientos centrífugos originan que las ciudades absorban paulatinamente territorios y/o núcleos de población adyacentes, incorporándolos (quitando autonomía y heterogeneidad) al área metropolitana como única unidad territorial y económica.

La paulatina incorporación de núcleos establecidos de asentamientos humanos, al área metropolitana, origina una unidad económica más amplia denominada comunidad o región metropolitana, la que se caracteriza por integrar funcionalmente el sistema de centros urbanos, a través de medios de comunicación y transporte cada vez más avanzados y eficientes, capaces de alcanzar progresivamente mayores distancias.

Tan pronto como las ciudades comienzan a desarrollarse, surge la problemática asociada a su tamaño. En el mundo antiguo, Roma fue la primera ciudad en lograr el millón de habitantes, por lo que se dictaron una serie de leyes (muy poco eficientes) que limitaban su desarrollo. Pero solo con la revolución industrial a mediados del siglo 19 es cuando comienza generalizadamente un crecimiento explosivo de las ciudades.

En parte por la expansión de las redes de transporte y por la confianza en el automóvil, la población comienza a trasladarse a los suburbios en ciudades norteamericanas antes de la segunda guerra mundial. La expansión de las autopistas permite a los trabajadores viajar mayores distancias entre sus residencias y las zonas centrales, induciendo la localización y/o relocalización de servicios y centros de empleo a zonas periféricas, que además de tener mejor acceso, están afectas a menores impuestos de operación. Por todo estados unidos, las tasas de crecimiento poblacionales en zonas suburbanas son mayores que las tasas de crecimiento en

zonas centrales (estancadas y/o decrecientes). Después de la segunda guerra mundial, la conversión del suelo directamente en las periferias urbanas, hacia usos residenciales comerciales e industriales, fue tan acelerada que en 1970 la población suburbana excede a la población urbana y rural.

Cuando las ciudades comienzan a crecer, comienzan a expandirse alrededor de sus periferias. Esto lo posibilita el mejoramiento del transporte entre el centro y la periferia. Pero la causalidad expuesta conforma el tipo de problema entre el huevo o la gallina. (Que es primero, la mejora en transporte y luego la expansión, o viceversa).

En las últimas décadas, no tan solo se ha mantenido la expansión suburbana de las ciudades, sino que han surgido desarrollo discontinuos, denominados “edge cities” (ciudades de borde), entorno a las áreas urbanas metropolitanas.

Edge City o ciudad del borde, es un término americano que se aplica a una concentración (relativa) de negocios, compras y entretención fuera del área urbana tradicional, la cual previamente había sido un suburbio residencial o una comunidad semi-rural. El término “ciudad del borde” fue popularizado en 1991 por Joel Garreau, el que la define como el modelo estándar de expansión urbana del siglo XX, la que dista mucho respecto del modelo concentrado del siglo XIX. Conceptos asociados a esta ciudad de borde son los megacentros suburbanos, distritos comerciales suburbanos, etc. [21]

Estas radicales transformaciones urbanas, de deslocalización de usos de suelo en el territorio, han cambiado los patrones de vida de la población, del consumo energético, y los impactos ambientales en el territorio. Las ciudades han experimentado una disminución de ingresos fiscales, un aumento de la demanda por servicios públicos y por la mantención e inversión en infraestructura urbana como colegios, hospitales, carreteras, agua potable, electrificación, etc.

2.4.- La expansión urbana y el fenómeno “Sprawl”

El concepto de urban Sprawl se asocia a la expansión de la ciudad y sus suburbios en suelo rural de la franja entorno a áreas urbanas. Las viviendas de estas áreas tienden a ser unifamiliares y viajan en automóvil a sus lugares de trabajo. [21]

En la literatura urbana especializada, existe gran divergencia en la definición de Sprawl, ya que depende de quien la haga. Algunos autores la definen como “un irresponsable, y poco planificado desarrollo urbano que destruye espacios verdes, incrementa el trafico y la polución, aumenta el numero de colegios, y deslocaliza impuestos”. Otros autores comparan sprawl con “un proceso enfermizo de desarrollo urbano cancerigeno en el territorio rural”. Otras definiciones la plantean como “desarrollo urbano disperso sobre suelo rural”, “urbanización en baja densidad”, o “desarrollo urbano discontinuo”.

Otros autores asocia el concepto de sprawl primero al crecimiento explosivo de las ciudades, y actualmente a características más específicas, como ser un “crecimiento urbano descoordinado o no planificado”, esto es, una expansión urbana que no mide sus consecuencias a corto y largo plazo. [1]

Otro enfoque plantea la necesidad de entender Sprawl en su contexto espacial y temporal, no tan solo en el aumento del área urbana en una zona determinada, sino que también respecto de la tasa de crecimiento poblacional. En este sentido la US Environmental Protection Agency (USEPA) identifica una situación de sprawl cuando "a escala metropolitana, ocurre que la tasa de conversión de suelo rural a uso no agrícola excede la tasa de crecimiento poblacional", lo que claramente se enfoca a la perdida de suelo rural, en baja densidad.

Autores en la línea de los análisis de percepción remota definen sprawl como "un patrón de uso y cubrimiento de suelo en donde la tasa de urbanización del suelo (cubrir o impermeabilizar el suelo natural) excede significativamente la tasa de crecimiento poblacional, en un período específico, con baja densidad de suelo impermeable" [22]. El suelo impermeabilizado es uno de los indicadores más usados para detectar en forma remota urbanizaciones, además de tener una fuerte connotación de impacto ambiental.

Autores en la línea ambiental, definen sprawl como un desarrollo urbano residencial en baja densidad, que rigurosamente se separa de otros usos de suelo, y que preferentemente utiliza el vehículo privado como medio de interacción hacia los suburbios o centro de la ciudad.

Una compilación analítica de las definiciones de sprawl en la literatura social y de planificación territorial [23] identifica seis grandes categorías de definiciones, las que se presentan a continuación:

a) Las que definen sprawl como un "ejemplo" de baja densidades promedios, o un desarrollo urbano discontinuo. Al respecto las ciudades de los Ángeles y Atlanta son las más citadas. La ambigüedad de esta definición en base a ejemplos permite incluir todos los patrones de desarrollo, desde las unidades territoriales planificadas hasta los formatos de residencias en parcelación. Es así que se plantea que la expansión discontinua es la culpable aparente de todos los males contemporáneos de la ciudad.

b) Las que se asocian a un juicio paisajístico respecto de un patrón urbano de desarrollo.

c) Las que define sprawl como una causa de una externalidad no deseada, como la alta dependencia de los automóviles, la congestión del transporte, la segregación residencial, la enajenación cívica, la mala relación espacial entre residencia y trabajo, la contaminación ambiental, y un sinnúmero de otros males de las ciudades actuales. En este sentido sprawl se define respecto de lo que produce y no respecto de los que es.

d) Las que define sprawl como una consecuencia o efecto de alguna variable independiente, como la fragmentación del gobierno local, una pobre planificación, o una zonificación restrictiva. Al respecto no esta clara la intencionalidad explicita, de una medida como las mencionadas, para producir ciertamente una expansión discontinua.

e) Las que la definen como patrones espaciales de desarrollo urbano. En este sentido se da una claridad respecto de los formatos espaciales que puede tener, pero no se profundiza en su definición. Así a la expansión urbana continua, la expansión en fajas, o al tipo discontinuo (salto de rana), se le suman la baja densidad, el asentamiento aleatorio, grandes predios de viviendas

unifamiliares, desarrollo de un solo usos de suelo, separación física de los usos de suelo, desarrollo comercial extenso en faja, o no compacto, etc.

f) Las que la definen como un proceso de expansión urbana que ocurre en un período determinado. Se reconoce como un estado en un proceso dinámico en el tiempo y espacio, reconociendo entonces que la expansión pasa por un estado de sprawl antes de compactarse y diversificarse, por lo que no se puede clasificar para siempre como sprawl. Así visto, sprawl es un verbo, y no una condición. El problema es que no queda aun claro cuando una situación pasa de sprawl a no sprawl. Por ejemplo saber que tan lejos salta el desarrollo, y que tan intenso y extenso es el desarrollo para ser denominado sprawl. O cuando la concentración de usos de suelo es lo suficientemente débil como para caer en una fragmentación.

La diversidad de definiciones demuestra la necesidad urgente de una definición empírica, si es que se quiere pasar de una discusión polémica a una comprensión común y útil en el contexto de la forma urbana. Solo de esta forma se puede lograr una discusión informada respecto de las fuerzas o factores que causan ciertos patrones de desarrollo, para así gestionar la ciudad de manera de disminuir los efectos negativos de estos, sobre la población y el medio ambiente.

2.4.1.- Formas espaciales de sprawl

Para reconocer diferentes tipos de expansión discontinua, se puede analizar en términos de densidades de habitantes y de configuración espacial de asentamiento. El formato típico norteamericano de sprawl son configuraciones dispersas de baja densidad, es decir, la expansión no es continua, conformando una región urbana. En cambio, en el formato europeo la densidad es mayor, pero la configuración es igualmente discontinua. Así, los suburbios están llenos de espacios vacíos, siendo estos los que inducen a pensar en una ineficiente planificación, que no desarrolla estos territorios que a priori, si tienen condiciones urbanas.

Existen cuatro formas espaciales básicas reconocibles de Sprawl, que son; desarrollo continuo en baja densidad, desarrollo en faja, desarrollo discontinuo o en salto de rana, y desarrollo disperso extraurbano.

El desarrollo continuo en baja densidad, es el de mayor consumo de territorio en los márgenes de áreas metropolitanas, transformándolo en suelo urbano. Este tipo de expansión se basa en la extensión sectorizada de las redes de infraestructura urbana como ser agua, electricidad, vialidad, etc. (Urbanismo de redes).

El desarrollo en faja se da en la línea de los grandes corredores de transporte que salen de las zonas centrales de la ciudad. Las zonas adyacentes al corredor se desarrollan con usos urbanos, y las zonas alejadas al mismo mantienen su carácter rural. Con el tiempo esta tierra rural se convertirá a urbana, en la medida que surjan corredores transversales de transporte.

El desarrollo discontinuo o en salto de rana, son urbanizaciones discontinuas de los márgenes de áreas metropolitanas o de conurbaciones en faja. Este tipo de desarrollo es el que requiere de mayor inversión en servicios urbanos para poder materializarse.

El desarrollo disperso extraurbano se asocia al concepto de expansión en vivienda de tipo parcelación, en entornos naturales (agrícolas, forestales, etc), más allá de los suburbios de la ciudad. Este tipo de residencias ha aumentado fuertemente en las últimas décadas. Este patrón de asentamiento ha sido también denominado "desarrollo en baja densidad extendido", y difiere significativamente de los patrones urbanos, de suburbios o rurales.

2.4.2.- El porque de la discontinuidad

Aunque la definición de sprawl es de amplio espectro, y multidimensional, en general uno de los grandes factores que la identifican es la discontinuidad territorial del desarrollo urbano. Sin embargo, la mayor cantidad de literatura científica se ocupa o de su definición, o de sus efectos, siendo escasa la literatura que se preocupe por explicar este fenómeno de discontinuidad espacial. A continuación se presentan algunos puntos de vista al respecto.

Desde el punto de vista **sociológico urbano**, se ha argumentado que el crecimiento tipo sprawl es producto del salto de la clase media desde sus localizaciones centrales hacia localizaciones periféricas, con el fin de homogeneizar socialmente sus barrios, y escapar así de la exposición e interacción con otros grupos sociales. Algunos autores como Sabatini y otros identifican un "cambio de escala" en la segregación social de ciudades latino americanas, al visualizar enclaves de estratos socioeconómicos altos, en territorios de mucho más bajo nivel socioeconómico. Desde el punto de vista espacial, los enclaves preferentemente de estratos altos se han localizado en su mayoría en zonas periféricas urbanas, con buena red de interconexión hacia sus tradicionales barrios de residencia. Además, estas iniciativas presentan fuertes cierres perimetrales (los denominados condominios enrejados), por lo que se deduce una postura más de conveniencia territorial, que de deseo de integración social.

En la línea de **especulación territorial**, se plantea que los grandes propietarios comienzan a desarrollar sus predios, desde el punto más lejano al área urbana, con el fin de poner en valor todo el territorio intermedio. En este mismo sentido, también se plantea que distintos propietarios, en distintos tiempos, dominan en ciertas distancias, generando un espacio vacío en donde se enfrentan propietarios con baja disponibilidad a vender, frente a familias con alta disponibilidad a pagar (el fenómeno de "casa isla" en el contexto urbano).

Respecto de **usos de suelo específicos**, la discontinuidad espacial se asocia a usos no permitidos, en el sentido que fuera del continuo de las grandes ciudades, los controles y fiscalización se relajan.

Desde el punto de vista **morfológico**, la discontinuidad se explica bajo el concepto ecológico clásico de los años veinte, pero con una reinterpretación económica asociada al concepto de renta-postor.

Desde el punto de vista de **economía urbana** [24], existen varias explicaciones que se asocian al comportamiento de la renta del suelo y la distancia al CBD. A continuación se presentan algunas situaciones que explicarían, ya no un espacio sin desarrollo, sino más bien anomalías en la estructura de la curva de renta en el territorio.

- Diferenciación social y racial: en este sentido se reconocen las zonas de contacto entre distintos grupos o razas donde se pueden generar situaciones de perjuicios de co-existencia, o co-residencia. Estas situaciones pueden ser asimétricas (para un solo grupo) o simétricas (para ambos). En estas zonas de perjuicios es que se generan disminuciones en las rentas territoriales.
- Normativa sobre tamaños mínimos de lotes: al plantear normativas de zonificación de gran tamaño, se diminuye la renta territorial, producto que es necesario consumir mayor superficie para lograr rentas más altas.
- Tráfico, transporte y modo: cuando existe integración en modos de transporte se dan diferentes patrones de costos, los que asociados a los fenómenos de congestión cerca del CBD, producen anomalías en la curva de rentas, respecto del comportamiento de un solo modo.
- Polinucleos de empleo: a los que se asocia los umbrales de acceso al empleo, por lo que territorios vacíos serán los que estén fuera de toda factibilidad de localización residencial, en la interacción residencia-empleo-modo.

2.4.3.- Los efectos de la urbanización discontinua

Mucho se ha escrito respecto de los efectos de la expansión urbana dispersa. Las principales dimensiones analizadas en la literatura son la socioeconómica y la ambiental. A continuación se presentan los efectos más importantes detectados por Barnes y Morgan [22].

Las opiniones respecto de los efectos **sociales** de la urbanización dispersa están divididas, pero si esta claro que tanto los costos como los beneficios aumentan con la dispersión. Sprawl produce considerables costos emocionales, económicos, estéticos y físicos. Los costos económicos incluyen mayores impuestos, mayores costos de provisión de infraestructura, lo que trasunta en impactos fiscales locales. Los costos emocionales se refieren a la perdida de espíritu comunitario, y del sentido del lugar. Los costos estéticos se refieren a la perdida de tiempo libre y a la exposición de bastos paisajes suburbanos. Los costos físicos tienen que ver que hacinamiento en establecimientos educacionales, congestión vial, mayores tiempos de viaje, y conductores más agresivos.

Los efectos **ambientales** se refieren principalmente a los recursos ambientales y ecosistemas. Estos impactos ambientales son a escalas locales, regionales y globales. Los recursos naturales mayormente impactados por la expansión dispersa es el recurso suelo fértil.

El Environmental Law Institute, a través de su programa de uso sustentable del suelo, publicó recientemente (enero del 2007) un informe con el decálogo de los errores de la dispersión urbana (Ten Things Wrong With Sprawl), que sintetiza los distintos desarrollos al respecto. A continuación se presenta estos diez errores o efectos.

1.- Sprawl contribuye a un debilitamiento de los equipamientos y servicios públicos. Se inducen fallas en el mercado pues los residentes dispersos tienen acceso a equipamientos públicos, por los

cuales no pagan impuestos, siendo los antiguos residentes de dichas áreas las que justifican la existencia de estos equipamientos.

2.- Sprawl disminuye el mantenimiento efectivo de las infraestructuras existentes. Los nuevos desarrollos urbanos dispersos demandan nuevas infraestructuras, las que deben ser financiadas en desmedro de los recursos disponibles para la mantención de la infraestructura previamente existente.

3.- Sprawl incrementa los costos sociales de transporte. Los costos aumentan significativamente, por las modificaciones necesarias para aumentar las capacidades de infraestructuras existentes, es decir, la construcción de infraestructuras paralelas. Estas modificaciones son permanentes en estructuras urbanas dispersas, y son pagadas por cada residente a un alto costo.

4.- Sprawl consume más recursos que otros patrones de desarrollo urbano. Porque los usos están más separados, es decir, se requiere más insumos para su conexión (concreto, asfalto, cables, energía, etc).

5.- Sprawl separa a los pobres de puestos de trabajo. Los propietarios de los automóviles, y los recursos para su mantención son factores esenciales para trabajar en la ciudad (suburbios o centro), los centros de mayor posibilidad de trabajo en las ciudades. Por lo anterior, los modelos de dispersión urbana separan las áreas residenciales de los centros de empleo. En este formato de desarrollo el trabajar cerca de la residencia es muy difícil. Esta característica reduce el acceso a empleos, a personas que no pueden transportarse en automóviles.

6.- Sprawl incrementa los gastos en el tiempo. Dado el mayor gasto en tiempo de transporte. La separación y especialización de los usos tiene efectos adversos en el barrio, al aumentar los viajes en automóvil.

7.- Sprawl degrada la calidad del aire y del agua. Al utilizar los recursos de agua, primero disminuye la disponibilidad para las actividades del entorno (altamente dependientes del recurso), además de inyectar agua utilizada a las napas, con el riesgo que eso trae. El tema atmosférico se ve afectado por los altos flujos de transporte, que como fuentes móviles dispersan en el territorio sus distintos tipos de emisión.

8.- Sprawl supone una alteración o destrucción permanente de los hábitat naturales. Se convierten grandes áreas a asfaltos, concretos, y estructuras que alteran la red hidrológica, y reducen la productividad biológica del territorio.

9.- Sprawl crea dificultades para mantener comunidades. Esto se debe al tiempo que se gasta en la interacción con los suburbios o la ciudad, que no permite estadías prolongadas, con las que surgen relaciones comunitarias.

10.- Sprawl ofrece la promesa de la elección, pero es más de lo mismo. Hace que la libertad de elección residencial origine, paradójicamente, una reducción de las posibilidades de elección para satisfacer sus necesidades (de transporte, de lugar de compra, de trabajo, de estilo de vida)

Este último punto, que plantea el dilema entre la libre elección residencial, y el derecho de un medio ambiente limpio, también fue abordado por la American Planning Association denominada Growing Smart, que originó el año 2002 la publicación “Legislative Guidebook: Model Statutes for Planning and the Management of Change”.

2.5.- La Contra urbanización [25][26]

El término *counterurbanisation* fue acuñado por Brian J.L. Berry en 1976, con el que describía un cambio de sentido en el proceso de crecimiento de las ciudades, que implicaba a la vez la salida de población de los centros metropolitanos más antiguos y más densamente poblados, y el aumento de otras áreas no metropolitanas exteriores a los anillos suburbanos de las mismas. Este patrón no obedecía a las mismas condiciones en que se había desarrollado hasta entonces los modelos clásicos de urbanización en los que se producen sucesivos movimientos de concentración de población en ciudades. Berry partiría precisamente de estas consideraciones, sobre el proceso de urbanización, para señalar que las diferencias observadas suponían un cambio de tendencia de carácter estructural, que no obedecían a un caso singular, sino que implicaban un cambio de modelo en los procesos de poblamiento de las grandes áreas urbanas. Para Berry la "desconcentración acelerada" de las poblaciones residentes en los centros metropolitanos habría dado lugar a "una fuerza de contraurbanización" que por sus mismas características se distinguiría de la concentración progresiva, propia de los procesos de urbanización.

Las diferentes posiciones ante el fenómeno de la contraurbanización es considerable, y van desde las que lo estiman como un proceso que responde a la simple continuación de la suburbanización (la salida definitiva de poblaciones sobrantes [*overspill*] desde las grandes áreas metropolitanas), a las posiciones desde las que se considera la contraurbanización como algo completamente nuevo, como una ruptura [*clean break*] con el formato de urbanización del siglo XIX.

Si el proceso de contraurbanización se analiza en términos de preferencias individuales, se puede entender como sinónimo de *overspill* (o expulsión de población sobrante), o como expresión de algunos estratos sociales privilegiados. Lo anterior difícilmente permite despejar las dudas respecto a si se esta ante una *revolución* en los modelos de poblamiento o ante una simple *evolución* desde tipos de poblamiento de áreas suburbanas a otras gradualmente más alejadas, fuesen éstas rurales o urbanizadas.

Una de las primeras posiciones a favor de un cambio de tendencia en los modelos de poblamiento es la construcción teórica de Vining y Strauss en 1977, quienes sustentarían que la contraurbanización se debía entender como un proceso de revitalización de las áreas rurales en el que debían producirse algunas condiciones indispensables, relacionadas con un tipo de vida basado en determinadas características. Las cuatro condiciones plateadas por Vining y Strauss se presentan a continuación:

1.- Que la disminución de población en los centros metropolitanos no fuese únicamente producto de la expulsión de población sobrante desde las áreas metropolitanas, es decir, que no se tratase del ya citado proceso de *overspill* producido, por ejemplo, por el encarecimiento del mercado de la vivienda en las áreas centrales, ni que las preferencias individuales fuesen las causas decisivas de la salida de población desde éstas. Lo anterior se relaciona con la idea de que los viajes de la población

desde áreas metropolitanas hacia áreas suburbanas o rurales no se pueden considerar un dato determinante para demostrar uno u otro tipo de tendencia.

2.- Que la población procedente de los centros metropolitanos no favoreciesen la creación de nuevas áreas metropolitanas, ya se estaría nuevamente presente ante el fenómeno de concentración propio del proceso de urbanización. Esto se refiere al hecho de que aunque se haya producido crecimiento en las áreas rurales remotas, ello no implica necesariamente un cambio a largo plazo hacia un nuevo tipo de asentamiento dominado por pequeños núcleos rurales, sino que ese crecimiento podría formar parte de un proceso continuo de declive urbano y de crecimiento rural a través de todo el territorio.

3.- Que en los nuevos asentamientos dominase el componente rural en oposición al componente urbano, de modo que no se produjese, tampoco, la creación de áreas urbanizadas.

4.- Que el proceso de contraurbanización no fuese simplemente la consecuencia de la relocalización de formas de vida urbana, sino que ello conllevase, además, un cambio desde un estilo de vida urbano a otro de tipo rural o neo-rural. Esta última condición se basa en una combinación de criterios sociológicos y geográficos, pues para ser un buen "contraurbanita" una persona o una familia no sólo debe tener su residencia habitual en un área rural, sino que también deberá asumir un estilo de vida, si no idéntico al rural tradicional, esencialmente fundamentado en su equivalente moderno

En base a lo expuesto, la contraurbanización se ha definido como "un proceso de salida de población de las ciudades, buscando un marco rural alejado, un cambio de hábitat y de modo de vida". Así, la contraurbanización supone un rechazo de la gran ciudad y, sobre todo, de sus rasgos más importantes como ser la densidad, artificialidad y mezcla social, pero no se diferencia claramente de la suburbanización y de la peri urbanización, ya que éstas también extienden el espacio urbano, sin implicar *a priori* ruptura simbólica con la ciudad.

Berry, dadas las reacciones originadas por sus primeras hipótesis de 1976, las reelaboró y describió el desarrollo urbano hasta los años 1970 a partir de cuatro secuencias: la primera, la *centralización absoluta*, que se habría producido cuando el crecimiento de la población se concentrase en los centros urbanos a costa del crecimiento del resto de la región; la segunda, la *centralización relativa*, en la que centro y periferia crecen al unísono; la tercera, la *descentralización relativa*, cuando los suburbios crecen más deprisa que el núcleo central y la cuarta, la *descentralización absoluta*, en donde ubica a la contraurbanización, como el proceso que afecta a las áreas metropolitanas, a las áreas urbanas no metropolitanas, a núcleos aislados y a zonas rurales, que da lugar a una organización territorial nueva en la que se combinan áreas de urbanización dispersa y difusa con nuevas polaridades y que afecta a las áreas metropolitanas observadas en su conjunto.

En consecuencia, la definición de la contraurbanización debe excluir específicamente los procesos de suburbanización y de expansión metropolitana, ya que ambos procesos -suburbanización y expansión metropolitana- implican una relación de dependencia respecto al centro metropolitano, cosa que no es característica en la contraurbanización. Sin embargo, la unión de las dinámicas de suburbanización y de contraurbanización, han favorecido los

movimientos de los flujos económicos y de población desde las áreas metropolitanas hacia su exterior, es decir, han potenciado los movimientos de carácter centrífugo.

Así, en la conceptualización del fenómeno de la contraurbanización, y descartadas la salida de población sobrante y la revitalización del medio rural como razones, surge una tercera línea de análisis, que tiene que ver con las condiciones esenciales de variaciones en el mercado de trabajo.

CAPITULO 3.- MIDIENDO Y MODELANDO LA URBANIZACIÓN DISPERSA

Este capitulo tiene por objeto investigar las distintas técnicas de medición de la urbanización dispersa, y las lógicas de las actuales técnicas y experiencias en modelación urbana respecto de la capacidad de estos de replicar formatos de urbanización dispersa.

3.1.- Medición de la urbanización dispersa: listado de indicadores

Como se aprecio en los puntos anteriores, variadas son las características que se atribuyen a la expansión urbana dispersa. Es por esto que su detección y medición entrega una idea de cómo delimitar su extensión, y cuantificar su magnitud. Los rasgos atribuibles al fenómeno de urbanización dispersa son los primero indicios de variables a ser analizadas. Así, los rasgos principales son:

- Desarrollos en franjas o en saltos de rana
- Habitats y patrones de localización de usos fragmentados
- Mala accesibilidad entre usos de suelo adyacentes y segregados
- Grandes espacios sin funcionalidad
- Dependencia del automóvil, y baja participación del transporte público
- Conversión rural-urbana a mayor tasa que el crecimiento poblacional
- Mayores tasas de consumo de energía, que en formas compactas de desarrollo
- Aumento de tiempo, impuestos, y costos en la entrega de servicios públicos

La medición de tales aspectos, y de otras variables adicionales, han sido utilizados para construir índices estandarizados de detección de fenómenos de urbanización dispersa. Algunos estudios utilizan indicadores que incluyen conversión de usos de suelo, cambio demográfico, trafico y distancia viajada, consumo de energía, etc. Otros estudios se orientan a identificar urbanización dispersa a través de datos de población y usos de suelo detallado provenientes del USDA Natural Resource Conservation Service´s Nacional Resource Inventory, o por la detección de expresiones físicas de urbanización a través de la utilización de sensores remotos y SIG.

Hanson y Freihage proveen un listado útil de criterios para seleccionar y evaluar la pertinencia de indicadores de urbanización dispersa. Estos indicadores deben ser:

- Medidas que la población considere importantes, como por ejemplo la densidad
- Ser objetivo y de libre interpretación, para que sean usados por diferentes personas
- Medir dimensiones que sean útiles en los rasgos definidos, por ejemplo el porcentaje de impermeabilización del suelo.
- Que sean confiables y exactos, como los generados por el censo u otra institución con protocolos rigurosos de toma de información.
- Que puedan ser calculado a diferentes escalas espaciales
- Que sean de fácil comprensión
- Que sean usados en forma extensa y efectiva en otras localidades y/o contexto.
- Que se puedan asociar a otros indicadores, también de urbanización dispersa

Un ejemplo de lista de indicadores son los que utilizan Nelson, Hanson y Freihage, en la línea de aplicación de sensores remotos y datos censales, para caracterizar urbanización dispersa:

- Población 1990 y 2000
- Unidades de territorio impermeabilizado 1990 y 2000
- Población por unidad impermeabilizada 1990 y 2000
- Suelo impermeabilizado per cápita 1990 y 2000
- Cambio absoluto y porcentual en unidades impermeabilizadas 1990-2000
- Cambio absoluto y porcentual en la población 1990-2000
- Cantidad de suelo impermeabilizado por nuevo residente
- Unidades de recurso agrícola o forestal 1990 y 2000
- Cambio absoluto y porcentual en recurso agrícola y forestal 1990-2000

Como se aprecia, estos indicadores surgen de la definición en base a la comparación de tasas conversión de suelo urbano a rural, y la tasa de crecimiento de la población.

3.2.- Medición de la urbanización dispersa: del listado de indicadores a las técnicas estadísticas

Existen variados tipos de estudios que desarrollan distintas técnicas específicas para medir expansión urbana discontinua, y posteriormente explicarla en base a otras variables. Es decir, pasar tan solo de la lista de indicadores, a la utilización de estos en técnicas tendientes al entendimiento y explicación matemática.

Dentro de los estudios antes mencionados, esta el estudio desarrollado por Travisi, Camagni y Nijkamp [27], en el cual analizan los costos ambientales de la estructura de movilidad que genera un patrón urbano discontinuo, para las siete mayores áreas metropolitanas de Italia. A continuación se presenta sintéticamente los contenidos del estudio, con el fin de analizar tanto los indicadores, como su uso en técnicas relacionales.

Lo primero que se plantea en el estudio es la tarea de diagnosticar la situación de una ciudad respecto de su movilidad de viajes al trabajo (propósito argumentado por los autores, como el que mejor recoge la relación de los sectores urbanos dispersos con los centros de empleo de la ciudad). Para esto, se crea un “índice de impacto de movilidad” con la información de número y tiempos de viaje por modo, tanto los que se quedan en la comuna, como los que salen de ella. El índice creado busca medir la presión o costo ambiental de los viajes que se realizan en una ciudad, y que tiene que ver con los tipos de vehículos (modos) utilizados, y con el largo de los viajes. Para esto se consideró una matriz de pesos diferenciados, que dan cuenta de estas situaciones. Con esta matriz, los viajes se transforman en “viajes de impacto equivalente”, como una unidad común de entendimiento y totalización de impacto.

Así, en la municipalidad k-esima, el impacto por movilidad, *Ik*, se puede estimar como el cuociente entre el total de viajes de impacto equivalente y el número de viajes que salen de la comuna, que esta dado por la siguiente ecuación:

$$Ik = \frac{\sum_{ij} m_{ij} * w_{ij}}{\sum_{ij} m_{ij}}$$

donde mij es el número de viajes que se mueven al interior de la k-esima comuna más el número de viajes que se salen de la comuna, para el modo de viaje i, y la categoría de tiempo de viaje j. El peso wij es el asignado para el modo i, y tiempo j, en la matriz de ponderadores que se presenta a continuación:

Figura 3.1.- Matriz de ponderaciones de impacto ambiental, en función el tiempo y modo de viaje

wij	Clase de tiempo de viaje (j)		
Clase de modo de viaje (i)	0 – 30 min	31 – 60 min	> 60 min
Caminata o similar	0.00	0.00	0.00
Bus	0.13	0.33	0.44
Auto chofer	0.40	**1.00**	1.33
Auto acompañante	0.13	0.33	0.44
Motocicleta	0.00	0.00	0.00
Tren, tranvía, subterráneo	0.20	0.20	0.27

Como se aprecia de la matriz, el valor de normalización o referencial (cuyo peso toma un valor 1.00) es el impacto que genera un viaje como auto chofer que dura entre 31 y 60 minutos. Todas las distintas condiciones se equiparan o se hacen equivalentes a la situación referencial. La determinación de los ponderadores no es reportado por el autor [27], en el sentido que no se sabe si se determinan en base empírica o no.

El índice final calcula un costo, o presión, promedio ponderado equivalente, de la estructura de movilidad, hacia el medioambiente. Su interpretación se debe referir al valor 1.00 antes mencionado.

De la estructura del índice se aprecia la intención explícita de analizar todo en referencia al automóvil, modo característico del fenómeno sprawl.

La hipótesis que sostiene el trabajo es que, bajo el supuesto de ser as ciudades analizadas homogéneas (nivel socioeconómico), la diferencia local en patrones de movilidad se explica por la topología del desarrollo urbano en estas áreas. Es decir, la forma espacial en que se da el desarrollo urbano incide directamente en los patrones de movilidad de la población, y por ende en el impacto o presión que esto ejerce sobre el medio ambiente.

Para demostrar la hipótesis planteada, se utilizo la técnica de regresión lineal, siendo el índice de impacto por movilidad la variable a explicar (dependiente). Las variables explicativas (independientes), se eligieron de manera de recoger indicadores que dieran cuenta de la forma de la estructura topológica y morfológica de la expansión urbana en las ciudades analizadas. La

unidad de análisis es el municipio de todas las áreas metropolitanas analizada (siete ciudades Italianas). A continuación se detallan las variables consideradas:

Variables espaciales

- Distancia (Km) de cada municipio (centroide) a la capital de la provincia respectiva
- La proporción de suelo rural de cada municipio
- Población total de la ciudad
- La densidad poblacional a nivel de la comuna
- Superficie total de la comuna (Km2)
- Variables dummy que indican si la ciudad esta al Norte, Centro, o Sur de Italia

Variables socioeconómicas

- Número de empleos por habitante en la comuna
- Tasa de crecimiento poblacional entre 1981 y 1991
- Variables dummy que dan cuenta si la comuna pertenece a un área urbana metropolitana, o poli céntrica.

Variables de movilidad

- La competitividad relativa del transporte público, calculada como el porcentaje entre el tiempo promedio en transporte público y el tiempo promedio en transporte privado.
- La partición modal del modo transporte público, en el total de viajes
- El grado de retensión de la movilidad, calculada como el cuociente entre los viajes que salen, y los que se quedan y salen de la comuna.

Con estas variables se realizó un análisis exploratorio, tradicional en econometría, para determinar estructuras funcionales de dependencia. Posteriormente se calibraron modelos de regresión lineal de datos agregados, modelos lineales generalizados, y árboles de causalidad.

Los resultados indican que dentro de los factores estructurantes y estadísticamente significativos, la densidad urbana, el mix de usos de suelo, y la porción rural presentan una correlación negativa con el índice de impacto de movilidad, mientras que el crecimiento demográfico presenta correlación positiva. Finalmente las proporciones altas de uso de transporte privado (característica propia de la expansión discontinua) son los que aumentan significativamente el valor del índice de impacto de movilidad.

Lo expuesto es un ejemplo de medición de urbanización dispersa que se diferencia de la lista de indicadores, en el sentido que se toma un enfoque de análisis causal, en base a técnicas estadísticas.

3.3.- Medición de la urbanización dispersa: finalmente un enfoque mutidimensional

Conceptualmente una cosa no puede ser simultáneamente lo que es y lo que produce. Si se entiende sprawl como algo importante que ocurre en áreas urbanas, necesariamente se debe deducir ciertos rasgos o condiciones. Muchos de los rasgos asociados a la urbanización dispersa son muy perceptuales y poco medibles.

Al respecto, es el trabajo de Galster [23] el que hasta ahora ha sistematizado de mejor forma las dimensiones en las que se puede reconocer (aisladamente o en combinación) el fenómeno de dispersión urbana.

El enfoque que plantea este trabajo, y la situación que se genera con el concepto de sprawl, es muy similar a lo que ocurrió con el concepto de "segregación residencial", en el sentido que ante la ambigüedad entre conceptos y efectos, tuvo que surgir un enfoque ordenador y sistematizador, que definió cinco dimensiones de entendimiento y de medición. Es así que Massey y Denton generan una plataforma conceptual y operacional que es ocupada hasta hoy en los distintos estudios de medición de segregación residencial. Se hace esta referencia, ya que algunas de las medidas que se presentan a continuación, surgen del trabajo de Massey y Denton.

A continuación se presentan en forma sintetizada los resultados publicados por Galster. Este trabajo reconoce tres tipos de usos del suelo, que son: residencial, no residencial, y suelo desarrollable/no desarrollable (asociado este ultimo a reservas naturales, uso público, regulaciones territoriales, etc). También en las formas de cálculo considera grillas regulares de una y de un cuarto de milla cuadrada, cuya utilización dependen de la dimensión que se quiere analizar.

Para Galster, las dimensiones que caracterizan el fenómeno Sprawl son *densidad, continuidad, concentración, compactación, centralidad, nuclearidad, diversidad y proximidad*. Luego, Sprawl es un patrón de expansión urbana que presenta bajos niveles en algunas, o en todas, de las ocho dimensiones definidas. Esta definición da la posibilidad de que puedan existir distintos tipos de Sprawl, dependientes de las diferentes combinaciones de las dimensiones.

A continuación se presentan las ocho dimensiones definidas, y sus correspondientes ecuaciones o procedimientos de cálculo.

Nomenclatura previa

(i),(j) : subíndices de tipos de usos de suelo (residencial o no residencial). Para los cálculos, Galster utiliza hogares para uso residencial, y empleos para uso no residencial.
u : subíndice que da cuenta de la mayor escala de análisis, que en este caso es el área urbanizable de la ciudad.
m : subíndice que indica la escala de análisis intermedia, en la cual se divide el área total (m=1…M). Para Galster en millas cuadradas
s : subíndice que indica la escala de análisis menor, en la cual se divide la unidad intermedia de análisis (s=1…S) ¼. Para Galster, un cuarto de milla cuadrada
T(i)u : total de usos de suelo tipo i en el área urbanizada u
T(i)m : total de usos de suelo tipo i en la unidad espacial m

T(i)s : total de usos de suelo tipo i en la unidad espacial s
Pm : proporción de suelo urbanizable en la unidad espacial m
Ps : proporción de suelo urbanizable en la unidad espacial s
Au : área total urbanizable en u

$$Au = \sum_{m=1}^{M} Pm * Am$$

Am : área total desarrollable en la unidad espacial m
As : área total desarrollable en la unidad espacial s
D(i)u : densidad del uso i en el área total desarrollable

$$D(i)u = \frac{T(i)u}{Au}$$

D(i)m : densidad del uso i en el área desarrollable de la unidad m

$$D(i)m = \frac{T(i)m}{Am}$$

D(i)s : densidad del uso i en el área desarrollable de la unidad s

$$D(i)s = \frac{T(i)s}{As}$$

F[k,m] : distancia entre el centroide de la celda k y el de la celda m

Densidad : corresponde al número promedio de unidades residenciales por milla cuadrada de suelo desarrollable. Y se obtiene de la siguiente ecuación

$$DENS(i)u = D(i)u = \frac{T(i)u}{Au} = \frac{\sum_{m=1}^{M} T(i)m}{Au}$$

Continuidad: es el grado en el que un tipo de uso de suelo se desarrolla con densidad continua (sin quiebres o saltos de rana). Se considera como valor de quiebre (o situación vacía) cuando una celda tiene menos de 10 viviendas y menos de 50 empleos. El indicador de continuidad esta dado por la siguiente ecuación

$$CONT(i)u = \frac{\sum_{s=1}^{S} \{1 \; si \; T(viv)s \geq 10 \; o \; T(emp) \geq 50; 0 \; en \; otro \; caso\}}{S}$$

Concentración: es el grado en que el desarrollo se ha localizado en relativamente pocas millas cuadradas, del total de millas cuadradas desarrollables (área urbana). Para este indicador se plantean tres formas de cálculo alternativas.

- Porcentaje de celdas de Alta densidad, respecto al total de grillas con suelo desarrollable en el área urbana, clasificando un valor de densidad como Alto cuando este esté a dos o más desviaciones estándar del valor medio de densidad de las 100 grillas con mayores valores.

- Calculando el coeficiente de variación, dado por la ecuación

$$COV(i)u = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{m=1}^{M}[D(i)m - D(i)u]^2}{M}}}{\frac{\sum_{m=1}^{M} D(i)m}{M}}$$

- Calculando el índice Delta, dado por la ecuación

$$DELTA(i)u = \frac{1}{2} * \sum_{m=1}^{M} \left| \frac{T(i)m}{T(i)u} - \frac{Am}{Au} \right|$$

Compactación: es el grado en que el desarrollo se ha "clusterizado" (aglomerado), para minimizar la cantidad de suelo en cada milla cuadrada de suelo desarrollable ocupado por uso residencial y no residencial. El indicador de compactación esta dado por la siguiente ecuación

$$COMP(i)u = \frac{\sum_{m=1}^{M} \frac{\sqrt{\sum_{s=1}^{4}[D(i)s - D(i)m]^2 \,/\, 4}}{M}}{\frac{\sum_{m=1}^{M} D(i)m}{M}}$$

Centralidad: es el grado en que el desarrollo residencial y no residencial se ha localizado cerca del CBD del área urbana. Para el cálculo de este indicador hay dos alternativas.

- La distancia media de un uso hasta el CBD

$$CBDDIST = \frac{\sum_{m=1}^{M} F(CBD, m) * T(i)m}{T(i)u}$$

- Índice de centralización, donde h representa el orden de cercanía de las distintas grillas al CBD.

$$CEN(j)u = \sum_{h=1}^{H} [T(j)h - 1] * [Ah] - \sum_{h=1}^{H} [T(j)h] * [Ah - 1]$$

Nuclearidad: es la extensión espacial en la que el área urbanizada se caracteriza por tener un solo núcleo funcional (en contraste con un patrón polinucleado). La identificación de este índice se asocia a nodos o a núcleos, siguiendo los siguientes pasos:

1. Identificar la mayor densidad de viviendas, y separadamente de empleos, en celdas de una milla cuadrada.
2. Todas las grillas adyacentes, cuyos valores están a menos de una desviación estándar de la máxima densidad son también parte del nodo, así como los nodos adyacentes al nodo adyacente, siempre que sus valores estén a menos de una desviación estándar de la mayor densidad. El resultado es el nodo central c.
3. Recalcule la densidad del nuevo núcleo de alta densidad c.
4. Todas las otras grillas que estén a una desviación estándar de la densidad recalculada son núcleos separados, n, resguardando que no sean adyacentes a otro núcleo.
5. Toda grilla adyacente a cualquier núcleo identificado en el punto anterior, que este a menos de una desviación estándar de la densidad recalculada de c, se adiciona al núcleo.

Luego de los pasos anteriores, se pueden definir el siguiente índice

$$MONONUCLEAR = \frac{t(i)c}{t(i)c + \sum_{n=1}^{N} t(i)n}$$

Diversidad: es el grado en que dos usos distintos (residencial y no residencial) existen en una misma zona, y la extensión del área urbanizada que cumple con esta característica de diversidad. El indicador de diversidad esta dado por la siguiente ecuación

$$DIV(j\ to\ i) = \sum_{m=1}^{M} \frac{D(i)m * \frac{D(j)m}{T(j)u}}{D(i)u}$$

Proximidad: es el grado en que distintos usos de suelo están cercanos entre si, en el área urbanizada. La proximidad es máxima cuando todas las zonas con altas densidades de un uso están cercanas, unas de otras. Bajos niveles de proximidad de dos usos se asocia a sprawl. El indicador de proximidad esta dado por la siguiente secuencia de cálculo:

1. Se calcula la distancia promedio entre cualquier para de usos de suelo i y j localizados, dado por la siguiente ecuación

$$DIST(i,j)u = \sum_{m=1}^{M}\sum_{k=1}^{M} F(i,j)mk * \frac{T(j)k}{T(j)u} * \frac{T(i)m}{T(i)u}$$

2. De la misma forma se calcula la distancia promedio para el mismo uso, entre sus distintas localizaciones, por la siguiente ecuación.

$$DIST(j,j)u = \sum_{m=1}^{M}\sum_{k=1}^{M} F(j,j)mk * \frac{T(j)k * T(j)m}{(T(j)u)^2}$$

3. Posteriormente es necesario estandarizar las distancias promedios calculadas en 1 y 2, por lo que se calcula la distancia promedio entre los centroides de la zonificación intermedia, dada por la siguiente ecuación

$$DISTu = \sum_{m=1}^{M}\sum_{k=1}^{M} Fmk / M$$

4. Con las distancias calculadas se calculan tres índices alternativos de proximidad, dados por las siguientes ecuaciones:

$$PROX(j) = \left[\frac{DISTu}{DIST(j,j)}\right] - 1$$

$$PROX(i,j) = \left[\frac{DISTu}{DIST(i,j)}\right] - 1$$

$$PROXu = \left[\frac{DISTu * (T(i)u + T(j)u)}{T(i)u * DIST(i,i) + T(j)u * DIST(j,j)}\right] - 1$$

Las dimensiones de Sprawl definidas y operacionalizada por Galster se caracterizan por lo siguiente:

- Cada una es una condición observable de los usos del suelo.
- Cada una es diferente de las otras
- Cada una esta libre de juicios respecto de su valor intrínseco
- Cada una es una condición objetiva, independiente de políticas, prácticas o precondiciones que las pudieran causar.
- Son evaluables y comparables entre distintas áreas urbanizadas a través de técnicas estadísticas multivariantes.

Los índices expuestos, y en general cualquier técnica que discretice el espacio en celdas de igual tamaño, para eliminar el sesgo por heterogeneidad de las unidades de análisis, cae en el tradicional problema de la elección de escala de la celda, pues los resultados varían según la decisión que se tome. Este no es un tema resuelto, aunque hay variadas posturas al respecto, sobre todo en el ámbito de la medición en segregación residencial. Algunos autores plantean la aplicación telescópica del mismo índice, es decir, ir variando la escala para su aplicación, hasta reducirlo a la mínima unidad de análisis [28].

3.4.- Estado del arte en Modelamiento urbano

El modelamiento matemático de ciudades es una rama científica de desarrollo reciente, dado los avances computacionales de los últimos años. Si bien los modelos matemáticos teóricos han existido hace ya varias décadas, las implementaciones y resoluciones de los mismos, en forma práctica, solo ha sido posible en las últimas décadas.

La evolución que han tenido los modelos de ciudad parten de la base estructural de los modelos de economía urbana, los que generaron una serie de líneas de desarrollo algunas paralelas, y otras secuenciales, llegando a la situación actual, en donde se pueden identificar tres grandes grupos, en función a las técnicas matemáticas utilizadas. Estos grupos son los modelos de interacción espacial, los modelos de elección discreta (transporte y usos de suelo), y los actuales modelos de simulación. En este sentido, si bien existen otras técnicas utilizadas en modelamientos urbanos, como ser la optimización, econometría (tradicional y espacial), sus aplicaciones no han sido masivas, ni tienen iconos representativos e identificables

Los distintos modelos urbanos ocupados en la actualidad utilizan una o varias de las técnicas antes mencionadas, en sus distintos submodelos. Lo que si es claro es el hecho que actualmente solo existe una base conceptual en el modelamiento de ciudades, que es la base económica (micro y macroeconómica). La conceptualización económica de ciudades es la que en la historia predomino sobre los enfoques sociológicos, ecológicos, morfológicos, estructurales (redes), etc.

A continuación se presentan en forma sintética cada uno de estos grandes grupos de modelos.

3.4.1.- Modelos de interacción espacial

Los modelos de interacción espacial surgen en la misma analogía con la ley de Newton, pues se postula que la interacción entre dos poblaciones es directamente proporcional a sus tamaños e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ambos. En el ámbito de las ciencias sociales **[11]**, en 1941, Stewart acuña el término de gravitación demográfica. Las críticas al modelo conduce al surgimiento de una serie de generalizaciones. La estructura más general del modelo gravitacional es la siguiente

$$Iij = A(i)B(j)F(dij)$$

Donde Iij son las interacciones gravitacionales que se dan entre una localización de origen i y destino j. A(i) y B(j) son funciones que dan cuenta de las distintas "masas" que atraen y generan interacciones respectivamente, y que dependen de los atributos de la localización de origen i y de destino j. F() es la denominada función de fricción espacial, es decir, es la función que castiga (disminuye, acota, restringe, etc.) al total de interacciones potenciales entre i y j, producto de la separación espacial entre dichas localizaciones. Todas las funciones constituyentes del modelo incorporan parámetros de calibración y/o balanceo según corresponda.

Es la función de fricción la que representa el concepto de acceso (desarrollado en la teoría de redes) en el modelo gravitacional. A lo largo de los años la variable de especialidad ha evolucionado hacia el "costo" de acceso. Hansen (1959) llega a formular expresiones que relacionan factores de atracción en la zona de destino (B(j)) con la distancia o el costo del viaje. Posteriormente Wilson, asocian el concepto de accesibilidad a los parámetros obtenidos del proceso de balanceo y calibración de modelos de interacción espacial **[9]**.

Es en este tipo de modelos se estructura un nuevo concepto denominado "atractividad". Este concepto engloba a la función de fricción espacial en conjunto con la función de atracción en el destino j. Es así que cada destino tiene un nivel de atractividad (o atractivo de interacciones), el que depende directamente de la "masa" que atrae (con todos sus atributos), pero es castigado por la separación espacial (fricción). Es este concepto el que posibilitará, como veremos a continuación, la integración entre los modelos de usos de suelo o actividades, y los modelos de transporte, que para ese entonces surge como aplicaciones avanzadas de la teoría de redes antes mencionadas.

3.4.2.- Modelos de uso de suelo y Transporte (modelos de localización)

La primera generación de modelos de transporte y uso de suelo (LUT), se diseñó bajo el supuesto que las actividades se localizan de manera de minimizar el costo del transporte en comparación a otras actividades situadas en otra parte. Este enfoque se puede clasificar como "*acceso máximo*", donde el sistema de transporte tiene un papel predominante. Variados modelos surgen de los siguientes modelos básicos: el del remate de propiedades de Alonso (1964) y el de entropía, de Wilson (1964).

La segunda generación de modelos LUT introduce más elementos del mercado en la decisión de localización, como por ejemplo los precios del suelo (arriendos) y precios de bienes. Este enfoque se clasifica como "*modelo de mercado lineal"*. Los precios del suelo se consideran de diferentes formas, en base a supuestos de competencia del mercado. Así, cuando se supone competencia perfecta, el precio de suelo se enfoca como una función hedónica, dependiente de los atributos promedios de las zonas de atracción. Cuando se supone competencia imperfecta (opciones de localización cuasi únicas), los precios surgen como resultado de un proceso simulado de remates (enfoque de Alonso).

La tercera generación de modelos LUT introduce gran complejidad, al introducir una representación explícita de la relación directa entre las decisiones de las actividades, es decir, aquella interacción que afecta el comportamiento además de los efectos propios de los precios. Dicha interacción plantea que las opciones de localización se valoran por los denominados atributos de zona. En la literatura económica esta interacción es de tipo múltiple, implicando a todas las actividades, y conocida como externalidad de localización. La complicación de esto es que el entorno construido se genera por la solución del problema de localización, lo que obliga a resolver un problema de equilibrio de localización, no lineal, con un gran número de variables endógenas, y cuya solución requiere de técnicas matemáticas avanzadas.

Actualmente existe un considerable número de modelos LUT, con diferentes niveles de desarrollo y aplicaciones. En el trabajo de Hunt, Kriegger y Millar [29] el que se sintetiza a continuación, se identifican y caracterizan los seis modelos más representativos de las líneas existentes. Estos modelos son:

- **ITLUP (también conocido como DRAM/EMPAL).**
- **MEPLAN.**
- **TRANUS.**
- **MUSSA.**
- **NYMTC-LUM.**
- **UrbanSim**

El modelo **ITLUP** (*Integrated Transportation and Land Use Package)*, es un trabajo desarrollado y aplicado por el Profesor Stephen Putman, de la Universidad de Pennsylvania, Philadelphia, USA, desde más de 25 años. Incluye una serie de submodelos, dentro de los cuales el más conocido es **DRAM** (Disaggregate Residential Allocation Model) y **EMPAL** (Employment Allocation Model). Estos modelos utilizan derivaciones del modelo de Lowry para localizar hogares (cuatro categorías de ingreso), empleos (cuatro categorías), y estructura de viaje (público y privado). Las proyecciones de empleo, población, viajes, actividades, y hogares son exógenas al modelo.

Este modelo contiene un submodelo multinomial logit de partición modal, así como modelos de asignación a redes en base a variados algoritmos (estocásticos, de equilibrio, etc). La generación y distribución de los viajes los desarrolla el submodelo DRAM, simultáneamente con la localización residencial. Sin embargo, los submodelos DRAM y EMPAL generalmente se usan en forma separada, pero en aplicaciones actuales han sido linqueados a programas comerciales de estimación de demanda, como EMME/2, u otros, lo que muestra la posibilidad de ser alimentados en forma exógena, en lo que se refiere a demanda y costos de viaje.

Los módulos DRAM y EMPAL tienen la ventaja de utilizar datos generalmente disponibles (población, hogares y empleo). Sin embargo, en este mismo sentido se reconoce la debilidad de no considerar claros procesos del mercado.

El modelo **MEPLAN**, es un paquete comercial, con más de 25 años de aplicación, en más de 25 regiones a lo largo del mundo. Es un modelo agregado, que divide el espacio en zonas, que localiza hogares y actividades económicas, modelando los flujos de transporte correspondientes.

El corazón del modelo MEPLAN es una matriz input-output espacial, que incluye coeficientes técnicos y sectores laborales. Todas las actividades, así también los hogares, son consideradas actividades productoras y consumidoras, cuyos patrones de consumo se expresan en los coeficientes técnicos (del tipo Leontief). La desagregación espacial del modelo debe resguardar la necesidad que la producción satisfaga el consumo localizado por zona, el que se localiza en base a un modelo de elección discreta que considera el precio de los productos. Finalmente lo que resulta es la interacción entre zonas, lo que se transforma en demanda de viajes.

La temporalidad se maneja en el sentido de definir cortes temporales específicos. La oferta de suelo es fija para cada zona, en cada corte. Los coeficientes técnicos de consumo de suelo son elásticos al precio, y el precio del suelo se establece por un procedimiento exógeno que equilibra oferta con demanda para cada punto en el tiempo. Precios para los output de otros sectores (no hogares), son endógenos, y surgen del análisis de encadenamiento productivo y de la cadena de valor. La demanda de transporte de cada punto en el tiempo se asigna a una red multimodal, usando un modelo de elección discreta (logit) que elige simultáneamente modo y ruta, considerando congestión. Los costos o desutilidades de transporte son condiciones para el próximo período de modelación. La demanda que induce la actividad económica, es dada en forma exógeno, al igual que el sector básico del modelo de Lowry. La zona actualiza sus características de oferta, considerando la demanda localizada en el período, para alimentar el siguiente período de modelación.

El modelo **NYMTC-LUM** desarrollado por el Profesor Alex Ana en la Comisión Metropolitana de Transito de Nueva York (MTC), es una versión simplificada del modelo METROPOLIS, el modelo más reciente, desarrollado por Anas para explicar el desarrollo del mercado de viviendas.

El modelo tiene el enfoque de la teoría macroeconómica, y simultáneamente modela las interacciones entre las residencias, las zonas comerciales, los empleos y los viajes sin propósito trabajo, con un manejo particular de la demanda y oferta en cada caso. El valor de las viviendas, la renta del suelo comercial, y los empleos son determinados en forma endógena por un modelo, que a su vez regula la oferta y demanda para cada mercado.

Se resuelve un equilibrio estático para cada corte temporal, encontrando el precio y las cantidades de equilibrio entre oferta y demanda. El modelo de trafico considera una zonificación muy desagregada, en comparación a otros modelos (3500 zonas para NY). Actualmente, los elementos que modela son población, empleo, y edificios, y no tiene un modelo de transporte integrado. Si se conecta con el modelo de demanda de transporte MTC, del cual recibe información de costos y utilidades modales.

El modelo **TRANUS**, desarrollado por el Dr. Tomás de la Barra, presenta la misma estructura de modelación que MEPLAN, diferenciándose solo en tener más restricciones funcionales y opciones de modelación. Ha sido aplicado en varias regiones de América central, y de Sudamérica.

El modelo **UrbanSim**, es un modelo operacional del mercado de suelo urbano y espacio comercial, desarrollado por el Profesor Paul Waddell. Este modelo complementa a un modelo de transporte de cuatro etapas. El modelo utiliza un enfoque de disponibilidad a pagar similar a MUSSA (como se verá más adelante), diferenciándose de este en el sentido de no considerar equilibrio. La demanda por stock de edificios (tanto para residencias o firmas) se basa en la disponibilidad a pagar, u oferta (precios observados pagados y no hipotéticas disponibilidades a pagar, las que son difíciles de observar). Los compradores maximizan sus beneficios (diferencia entre disponibilidad a pagar, y precio cobrado), mientras que los vendedores maximizan el precio a cobrar. La construcción de edificios es demandada por las actividades, para maximizar los beneficios. El precio de los edificios se establece bajo condiciones claras de un submercado asociado al análisis de transporte y a los atributos de las zonas.

El modelo opera en un des-equilibrio dinámico por año, donde la demanda desarrollo y/o re-desarrolla distintos territorios en base a ganancias esperadas. Las ganancias esperadas se basan en los precios de un determinado año, y las elecciones de nuevas construcciones, las que no se consideran disponibles para el siguiente año. La demanda se asocia a los precios y a la demanda, donde los precios se ajustan en base al balance oferta demanda en ese año.

La demanda del modelo considera los análisis de transporte entre unidades espaciales o zonas, llegando a tener un nivel de desagregación muy fino, en comparación a otros modelos.

Para la oferta, el modelo utiliza predios individuales, que pueden ser desarrollados, o re-desarrolladas (es decir demolidos y vueltos a construir), convirtiéndose así en el único modelo que utiliza el predio como unidad de análisis.

El modelo también se basa en el análisis de escenarios políticos que incluyen planes de usos de suelo, regulaciones de crecimiento, densidades máximas y mínimas, desarrollos de usos mixtos, renovación urbana, restricciones ambientales, políticas de valor de suelo, y las políticas de infraestructura de transporte (y su tarificación) que permite el modelo de demanda de transporte.

El modelo **MUSSA** es un modelo orientado al mercado de suelo, desarrollado por el Profesor Francisco Martinez de la Universidad de Chile. Es un modelo totalmente integrado con el modelo ESTRAUS, modelo de transporte de cuatro etapas, por lo que unidos conforman un modelo de cinco etapas.

El modelo MUSSA se diseñó para pronosticar la localización de actividades, residenciales y no residenciales, en el área del gran Santiago. Este modelo considera que los predios serán asignados a las actividades que sean los mejores postores, definiéndose el equilibrio del mercado como la condición en que todas las actividades se localizan, es decir, la oferta satisface la demanda.

El problema de localización se resuelve en MUSSA por una representación de los componentes del mercado, es decir, las actividades en la ciudad se dividen en grupos, por características socioeconómicas para las residencias y por el rubro para las actividades económica o no residenciales. El stock de la oferta se divide en tipos de construcción los que pueden ser sólo para uso residencial, uso no-residencial o uso compartido. El espacio se divide en zonas homogéneas con relación al uso del suelo y el sistema de transporte.

El objetivo del problema de localización es encontrar una solución que minimice el desequilibrio, definiéndose el equilibrio como una distribución de localización que cumple con dos condiciones: primero, todas las actividades se localizan, y segundo, la oferta de localizaciones (predios) se asignan al mejor postor.

La segunda condición de equilibrio se obtiene al modelar el mecanismo de remate como un proceso estocástico. Suponemos que el mercado urbano se comporta como si los consumidores hicieran ofertas en remates, las cuales se definen como la disposición a pagar de los consumidores por una opción de localización. Para incluir la variabilidad idiosincrásica entre los consumidores, asumimos que las funciones de postura (bid) son aleatorias. De esto se concluye que la probabilidad de que el grupo sea el mejor postor en una opción de oferta, denominada probabilidad condicional de localización es una expresión matemática conocida como logit multinomial, y las rentas esperadas se obtienen directamente por el valor máximo esperado de las posturas.

Es importante de mencionar, que el proceso de remate describe un mecanismo de transacción donde los precios se definen de forma endógena por la postura más alta, la que tiene la interesante propiedad de generar una distribución de la localización donde cada agente logra la máxima utilidad dado los valores de la renta que resultan del remate.

La elección de una localización es un proceso donde los agentes comparan el conjunto de atributos, evalúan su valor relativo para obtener una disposición a pagar o la utilidad y decidir en base a ello la mejor opción. Estos atributos se pueden clasificar en atributos relacionados con el acceso, donde es importante el sistema de transporte, y en atributos que describen el entorno o vecindario. Con respecto a la accesibilidad, MUSSA interactúa secuencialmente con los modelos de transporte y supone que los atributos de acceso son exógenos al modelo de equilibrio de localización.

Una característica notable del problema de localización urbana es el conocido hecho que los consumidores valorizan el entorno donde consideran la localización, es decir cualquiera sea la actividad que el consumidor desarrollará en tal localización. Esta simple observación tiene efectos complejos en el problema de equilibrio de la localización. Para entender esto, note que el "entorno" es en parte natural (por ejemplo, ríos) pero mayormente artificial, definido por las construcciones y el uso del suelo colindante. Debido a que el uso del suelo en sí es resultado del problema de localización, esto es el resultado del equilibrio de localización, entonces el entorno artificial es un atributo endógeno de la localización.

Los ejemplos comunes de atributos en *E* para la localización residencial son: el nivel socioeconómico del vecindario, la densidad residencial, los servicios locales, etc. Para actividades no residenciales el ejemplo clásico es la aglomeración de actividades

complementarias, tal como espacio de suelo para bancos, comercio, servicios, etc. Estos atributos del entorno son afectados por cada decisión de localización, de este modo afectan las otras decisiones de los consumidores. Esto genera una intensa interdependencia entre todos los consumidores porque afecta los atributos del entorno que de igual forma son "consumidos" por todos los agentes.

Los atributos exógenos generales que considera MUSSA (según el informe final del estudio "análisis del sistema de usos de suelo"), como factores de localización son:

- Accesibilidad de la zona, calculada a partir de parámetros calibrados por el modelo ESTRAUS
- Tipo de vivienda (casa o departamento)
- Superficie del predio
- Superficie construida
- Ingreso promedio de los hogares de la zona (ESTRAUS)
- Superficies construidas en la zona para los usos Industria, Comercio o servicio, Educación
- Variables dummy según zonas oriente, occidente, norte o sur

Los resultados que arroja MUSSA son usos de suelo modelados por zona, los que se comparan con los usos reales (observados). La comparación de estos dos números se realiza en base a una regresión lineal, alcanzándose para usos residencial coeficientes de determinación corregidos (R^2 corregidos) entre 0,34 y 0,88. Para los usos no residenciales se logran R^2 adj de 0,65 para comercios, 0,95 para industrias, 0,98 para servicios, 0,54 para educación, y 0,86 para otros usos (según el informe final del estudio "Análisis de políticas de usos de suelo", Universidad de Chile para SECTRA, 2003-2004).

Las medidas de accesibilidad en los modelos de transporte y usos de suelo, que tiene un fundamento macroeconómico, surgen de la necesidad de interpretar el costo de transporte como un costo generalizado que incluye un consumo de tiempo, comodidad, etc, que claramente tiene una interpretación más económica que física. Así el costo generalizado de transporte, es presentado por una medida relacionada con la utilidad económica o el beneficio del usuario, llamado costo compuesto, definido como la utilidad máxima esperada entre las alternativas disponibles para el usuario.

La mayoría de los creadores de este tipo de modelos interpreta el costo compuesto como una medida de accesibilidad de una determinada localización o zona. Más aún se propone que tales medidas se puedan interpretar como un excedente asociado a la localización ("location surplus"), el que tendría directa interpretación en términos del precio del suelo urbano.

3.4.3.- Modelos de simulación urbana

Los modelos de simulación urbana (autómatas celulares, y modelos basados en agentes) se enmarca en la lógica propia de simulación, en la que los modelos de crecimiento y operación urbana dejan de ser determinísticos y pasan a ser estocásticos. Estos modelos fueron operativos sólo desde finales de los 70, cuando se empezaron a desarrollar modelos con elementos dinámicos que podían modelar mejor las dinámicas espaciales.

Los **Autómatas celulares** (CA) son una de las primeras herramientas matemáticas que permitió realizar este propósito. En estos últimos años, y en el marco de un creciente interés por la modelación de fenómenos complejos, los modelos predictivos del crecimiento urbano basados en autómatas celulares han experimentado un enorme auge. La razón de esta popularidad es gracias a su manejabilidad, su capacidad de generar dinámicas que reproducen bien los procesos tradicionales de cambio basados en la difusión, pero además porque son capaces de reproducir fenómenos que muestran complejidad desde el punto de vista de dinámicas determinísticas no lineales, pudiendo simular algunos procesos de cambio de los más recientes.

Los autómatas celulares fueron diseñados por John Von Neuman y Stanislaw Ulam, aunque la idea de Autómata Celular pertenece a Alang Turing y su máquina universal. Podemos definir un autómata celular como un sistema dinámico formado por un conjunto de elementos sencillos idénticos entre sí, pero que en conjunto son capaces de demostrar comportamientos complejos. En ellos el estado de cada elemento, depende del estado previo de los elementos vecinos, según un conjunto de reglas de transición.

La estructura de un Autómata Celular contempla cinco componentes básicos; 1) un espacio n-dimensional dividido en un número finito de subespacios homogéneos, conocidos como células (celdas en dos dimensiones). 2) Cada célula (celda) puede estar en uno de un *conjunto finito* de estados. 3) Una *Vecindad* definida para cada célula, la que consiste en un conjunto contiguo de células. 4) Una *Regla de Evolución*, la cual define el estado de cada celda, dependiendo generalmente de su estado anterior, y el de su vecindad. 5) Un *Reloj Virtual de Cómputo*, el cual generará *"tics"* o pulsos a todas las celdas indicando que debe aplicarse la regla de evolución y de esta forma cada celda cambiará de estado. Como se aprecia, esta técnica utiliza explícitamente la relación espaciales locales entre las celdas, el configurar las denominadas vecindades. Luego, se maneja el concepto de "proximidad" en la definición de la vecindad, y su efecto en la ecuación de transición de estado.

Los modelos en base a agentes (ABM) reconocen un agente k como un objeto w^k, con atributos específicos, pero que en cualquier momento t, esta asociado a una celda i específica. Así se define un agente por $w^k_i(t)$, el que lógicamente se puede mover a través de las celdas. Un modelo en base a agentes es un modelo o ambiente de simulación acotado, de múltiples interacciones posibles. La relación entre los agentes es específica con otros agentes o elementos al interior del ambiente de simulación. Las relaciones se pueden especificar de varias formas que pueden ser la simple reacción (por ejemplo cuando los agentes requieren de un estimulo específico para actuar), o por metas específicas. El cambio de estado de los agentes puede ser sincrónico o asincrónico.

Por otra parte el ambiente de simulación acota el espacio donde los agentes pueden operar. Los agentes tienen una localización específica, y se mueven a través del ambiente de simulación (pasan por distintas celdas). En la medida que el agente se mueve (modelos del tipo active-walker), se van activando las funciones de transición de los agentes con los cuales interactúa. El movimiento del agente en el espacio de simulación se rige por una función de movimiento que depende del estado de las celdas (bajo el enfoque de autómata celular) y de la separaciones espaciales entre las celdas de su vecindad específica.

A continuación se muestra una matriz de filtrado para obtener la vecindad de una celda, y por ende gatillar su cambio de estado [30].

Figura 3.2.- Matriz de ponderaciones espaciales para determinar vecindad en modelo de automata cecular

0	0.15	0.3	0.6	1	0.6	0.3	0.15	0
0.15	0.3	0.6	1.25	2	1.25	0.6	0.3	0.15
0.3	0.6	1.25	3.5	5	3.5	1.25	0.6	0.3
0.6	1.25	3.5	7	10	7	3.5	1.25	0.6
1	2	5	10	**1**	10	5	2	1
0.6	1.25	3.5	7	10	7	3.5	1.25	0.6
0.3	0.6	1.25	3.5	5	3.5	1.25	0.6	0.3
0.15	0.3	0.6	1.25	2	1.25	0.6	0.3	0.15
0	0.15	0.3	0.6	1	0.6	0.3	0.15	0

Como se puede aprecia, en la celda central se define un 1, que representa la zona a analizar. En las restantes celdas se asigna la relación de estas con la celda central. En base a dicha información se gatilla el cambio de estado de la celda en cuestión. Entonces si cambia la matriz, finalmente cambiara el resultado. Entonces, la contigüidad se vuelve más o menos inteligente, pero finalmente determina el resultado.

CAPITULO 4.- HIPOTESIS Y METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se hace un análisis critico de lo expuesto en los capítulos anteriores con el fin de estructurar la base teórica para, primero definir el problema de investigación, y posteriormente plantear la hipótesis a ser verificada por la presente investigación.

4.1.- Análisis crítico

De lo presentado en el capítulo 2, se puede apreciar que las **definiciones** de sprawl, o expansión dispersa, divergen desde aspectos estéticos a aspectos cuantitativos. Esta divergencia surge de la mezcla entre definiciones, identificaciones y consecuencia, que hace difícil identificar una esencia propia y clara del fenómeno.

La literatura especializada esta principalmente enfocada a demostrar los efectos e impactos de la urbanización dispersa, con una posición explícitamente negativa frente al fenómeno. Las primeras posturas, y más radicales, son las reacciones frente a la perdida de suelo agrícola, o mejor dicho, reemplazo de una suelo natural por un suelo artificial (impermeable). A esto le siguen los enfoques tendientes a evaluar desde varios puntos de vista las implicancias ambientales, energéticas, y económicas de la urbanización dispersa, siempre en contraposición a la ciudad compacta.

Llama la atención que la postura critica antes mencionada respecto de la urbanización dispersa, no es la misma que se aprecia frente al fenómeno de la suburbanización, las ciudades de borde, o al fenómeno de contraurbanización. De hecho este ultimo fenómeno, en algunos casos, es presentado desde el punto de vista de una reivindicación de lo rural, como alternativa de modo de vida y laboral. Por lo anterior se deduce que los sentimientos que genera la urbanización dispersa se enmarca en el tradicional conflicto entre el ruralismo y urbanismo, pero no cualquier urbanismo, sino que el que se asocia a estratos medios altos, cuyo medio de transporte es principalmente el automóvil.

Las visiones más integrales del fenómeno se aprecia en los autores clásico, como Berry, en el sentido de entender el fenómeno de urbanización dispersa, como parte de un proceso que tiene que ver con otros elementos como ser la suburbanización, las ciudades de borde, el efecto spillover, y la contraurbanización, todos en el marco de lo que se entiende por urbanización centrifuga.

Resumiendo las distintas visiones, se puede decir que sprawl es un formato de expansión urbana espacialmente discontinuo del área urbana continua, en donde solo se localizan residencias (unifamiliares) en baja densidad, homogéneo desde el punto de vista de la estructura social de los hogares, basado únicamente en el modo automóvil para interactuar con la ciudad, y en donde se pierde o impermeabiliza el suelo rural, generando altos costos ambientales y gubernamentales. Por ultimo, se reconoce sprawl como un formato distinto de un suburbio, una ciudad de borde, o una localidad “contra urbanizada”.

Visto desde el punto vista funcional, la expansión urbana dispersa es una deslocalización de parte de la ciudad, en una isla de uso urbano residencial en baja densidad, rodeada de un contexto rural, en donde solo el automóvil es el medio de interacción con los suburbios y/o centro de la ciudad, mantenido así la funcionalidad urbana.

Las **formas de medir** sprawl, al igual que su definición, son divergente. En general, los métodos de medición de sprawl apuntan a generar listados de indicadores de medición de distintas variables, cuya forma de integración, y posterior interpretación de resultados no aparece explicita en ningún trabajo. Por lo anterior, en estos listados no existen reglas claras para diagnosticar cuantitativamente cuando se esta en una situación de sprawl o no.

Los indicadores de sprawl en estos listados dependen fuertemente del enfoque que tenga el estudio y de cuales son los rasgos característicos de sprawl a analizar. Un ejemplo de lo anterior es el hecho que todos los estudios que utilizan sensores remotos, se enfocan en la comparación de tasas de urbanización (impermeabilización, o conversión rural urbano) contra tasas demográficas. El estudio presentado como ejemplo de análisis causal, también presenta el sesgo en los indicadores elegidos.

En el enfoque mutidimensional de medición de sprawl propuesto por Galster, luego de analizar las distintas dimensiones, se puede visualizar la asociación que existe entre algunas de ellas. Se aprecia que muchos indicadores evalúan la distribución espacial de las mismas medidas cuantificadas por otros indicadores. Así, se pueden identificar cuatro grandes dimensiones, las que se presentan a continuación:

- Densidad y continuidad, se asocian a los valores de densidad de usos, y a su estructura espacial, es decir si es que los valores de densidad presentan o no discontinuidades espaciales. Es una dimensión a-espacial, que se puede denominar “homogeneidad espacial de la densidad”.
- Concentración y compactación, se asocian a la distribución espacial de las densidades mayores en el espacio, y a si estos valores se encuentran o no formando cluster espaciales. Esta dimensión se puede denominar “distribución espacial de altas densidades”.
- Centralidad y nuclearidad, se asocia a medir las distintas densidades primero en torno al CBD, y en segundo lugar a verificar si existe un solo núcleo de concentración o varios. Esta dimensión se puede denominar “Nuclearización de las densidades”
- Diversidad y proximidad, se asocia a la heterogeneidad de usos por zona, y a la proximidad espacial de los usos. Esta dimensión se puede denominar “Heterogeneidad de usos”.

Los indicadores multidimensionales de Galster, ninguno considera de forma explicita los viajes. Esto no ocurre en los indicadores específicos por enfoque, o en el análisis causal, en donde si se construyen indicadores considerando información de viajes. En el tratamiento de la información de viajes existe total ausencia del enfoque de interacción, es decir, considerar el origen y el destino del viaje, factor que es recurrente en las definiciones de sprawl.

Los modelos urbanos analizados presentan la característica de no poder replicar en forma implícita el fenómeno de expansión dispersa.

Los modelos de transporte y usos de suelo, son modelos que localizan actividades en función de los atributos y variables de servicio de la red de transporte. Entonces, son alimentados en forma externa con las condiciones y atributos existentes en las distintas zonas de modelación. Es decir, la restricción al desarrollo es una condición exógena al modelo. Luego el modelo LUT lo único que hace es resolver el problema de localización, generalmente en base a un equilibrio microeconómico, para posteriormente actualizar las variables de servicio del sistema de transporte. Entonces, la continuidad o no continuidad de las elecciones de localización dependen de las condiciones exógenamente asignadas a cada zona, y de los costos de transporte del sistema, que a su vez no pueden darse cuenta de la discontinuidad espacial.

Los modelos de interacción espacial también consideran las características de las zonas en forma exógena, o paramétrica al modelo. La variable de fricción de estos modelo tampoco pueden darse cuenta de discontinuidades, ya que es una variable continua.

Los modelos de simulación, si bien replican situaciones espacialmente dispersas, en si no son producto del propio método de calculo. Es decir, las configuraciones dispersas se producen por que las semillas de inicio de la simulación son exógenamente establecidas de forma dispersa. También ocurre que los mecanismos de paso y viaje en los modelos en base a agentes también son determinados como condiciones de cambio. Entonces estos modelos persé no entregan como resultados estructuras dispersas, sino más bien, depende de las condiciones exógenas con las cuales se inicia el modelo.

4.2.- Construcción de un marco conceptual para el fenómeno de la urbanización dispersa

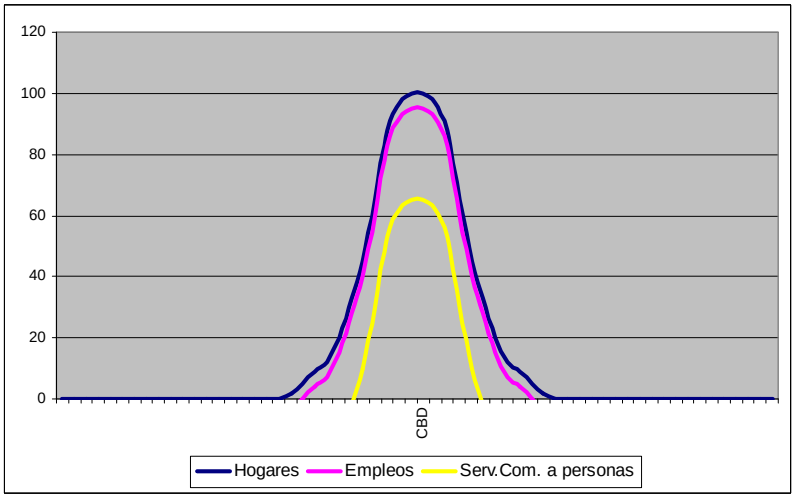
Necesariamente, la urbanización dispersa es un “resultado” del patrón de movilidad residencial de los distintos estratos socioeconómicos presentes en la ciudad. Así también, se ve potenciado por el patrón de expansión de las actividades no residenciales asociadas. Entonces, el proceso de urbanización centrifuga parte al interior del área urbana, dando paso a la suburbanización, para finalmente terminar con el formato disperso. Esta situación no trasunta a una contraurbanización, ya que hasta ahora solo se da una deslocalización de parte de la ciudad, y no una descentralización (la contraurbanización puede ser generada por habitantes urbanos que no necesariamente son habitantes de suburbios)

El fenómeno de deslocalización se caracteriza por mantener toda la funcionalidad original con la ciudad, en cambio la descentralización cambia (rompe) con la lógica funcional con la ciudad, generando nuevas dependencias funcionales.

A continuación, se plantea un constructo teórico respecto de las fases de evolución de la ciudad como marco conceptual de la expansión centrífuga.

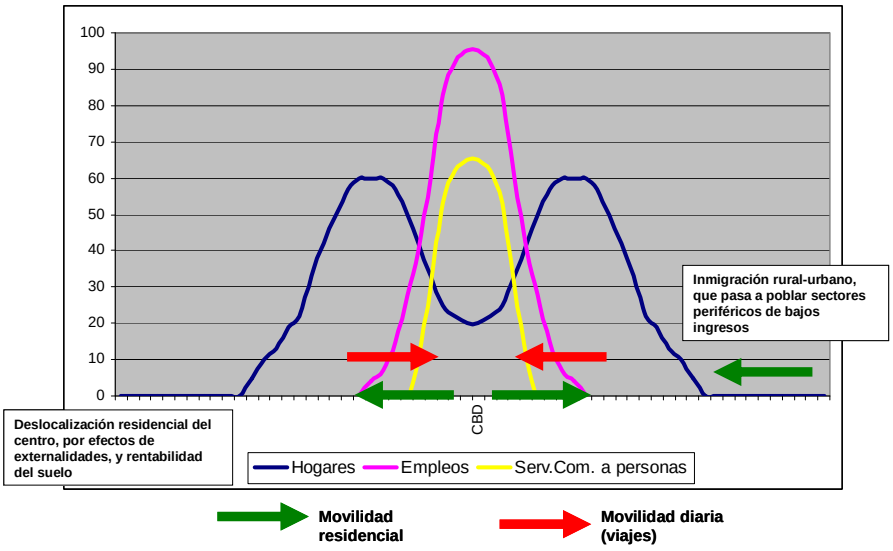
En la siguiente figura se muestra la distribución espacial (lineal), entorno al CBD, de hogares (curva de color azul), de firmas (representadas por la curva de empleos, de color rosado), y de comercios y servicios (curva de color amarillo).

Fase inicial de la ciudad



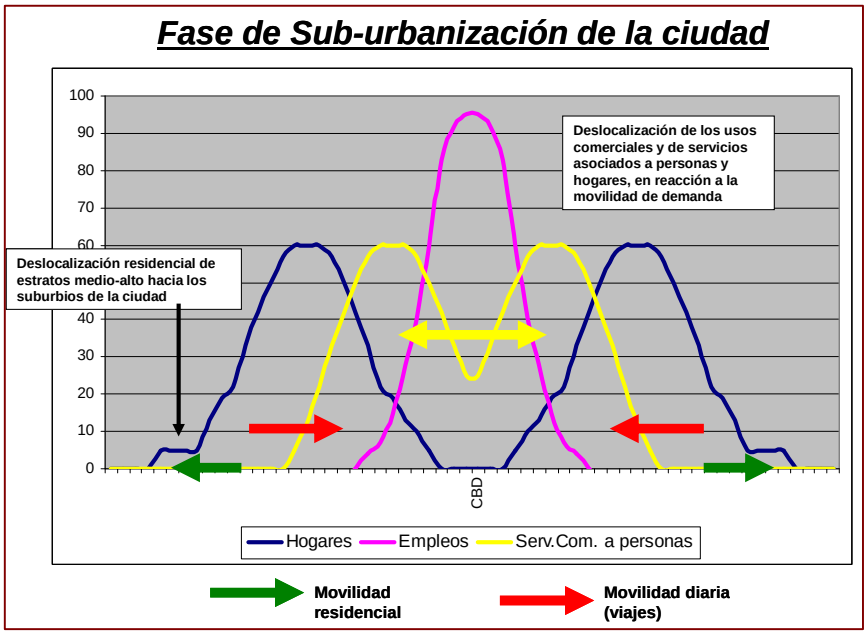
La primera fase de la ciudad se denomina fase inicial, que es en donde coexisten entorno al CBD los usos residenciales, firmas, y servicios al hogar y a las personas. La denominación de fase inicial es por hecho que en este caso el mercado (sitio de intercambio de bienes y servicios) se materializa explícitamente en el centro de la ciudad.

Fase de Metropolización de la ciudad



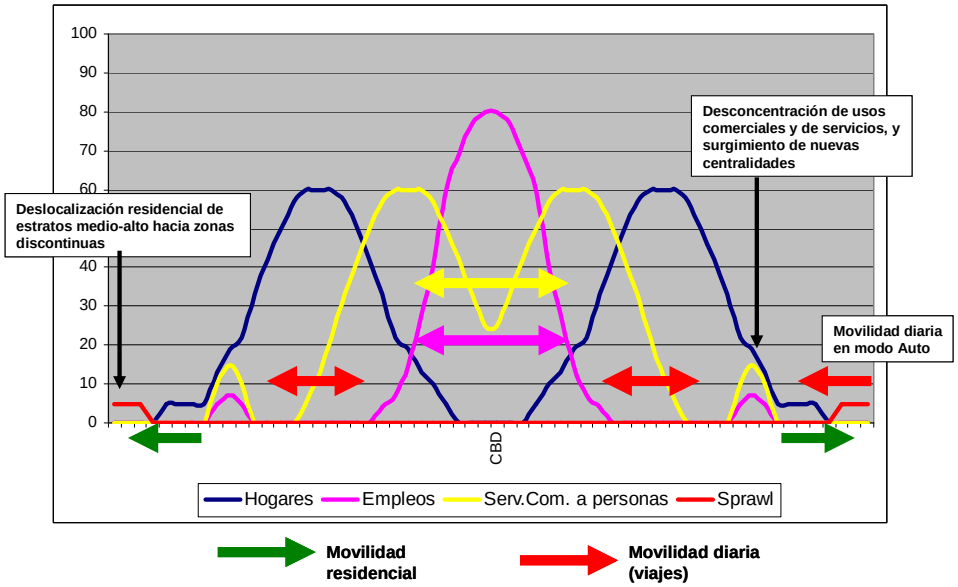
A la fase inicial le sigue la fase de **Metropolización**. En esta fase se verifican varios fenómenos en la ciudad. Primero se da una atracción significativa de población rural, la cual se localiza preferentemente en zonas periféricas de menor valor de suelo, y de nivel socioeconómico bajo. Por otro lado se da una movilidad residencial relativa de la población de zonas centrales a zonas periféricas contiguas, ya sea por efectos de las externalidades de las zonas centrales, como por

aumento de las rentas territoriales en esta zona. La distribución de los empleos y de los comercios y servicios, en esta etapa aún no reacciona significativamente a los desplazamientos residenciales. Es por esto que la deslocalización residencial aumenta la movilidad diaria (viajes) hacia las zonas centrales, aumentando los niveles de congestión y externalidades que antes se argumentara para el abandono relativo de la zona central.



La fase de suburbanización de la ciudad se caracteriza por la reacción de los usos comerciales y de servicios, en el sentido de desconcentrar su localización hacia la periferia, para acercarse a los hogares y sus necesidades (la rentabilidad territorial se distribuye). Esta situación de acercamiento de servicios a hogares produce una disminución en los tiempos de viaje asociados a estos propósitos (dado que se satisfacen más cerca que antes). Además se dan las condiciones para que estratos medio-altos, y altos generen el fenómeno de suburbanización de las periferias de la ciudad (ya sea en continuidad de sus zonas tradicionales de residencia, o en conformaciones de salto de rana, o de cambio de escala de segregación según Sabatini). En esta fase, la distribución de empleos aun no sufre una reacción significativa a la nueva configuración urbana, por lo que aumenta la congestión de transporte para estos propósitos, presionando el mercado del trabajo.

Fase de Nuevas centralidades en la ciudad



La fase de Nuevas centralidades en la ciudad comienza con la conformación de enclaves comerciales, de servicios, y también de empleos en antiguos suburbios. La diferencia en esta fase es que producto de las externalidades y congestión central, el mercado del trabajo es ahora el que emigra a la periferia, mejorando sus condiciones de acceso. Lógicamente la localización de estas iniciativas es en zonas o megacentros donde convergen servicios y comercios. Esta desconcentración de parte de la esencia del corazón urbano, genera las condiciones, para que en una geometría casi fractal (o alveolar) se replique la funcionalidad urbana, poniendo en valor zonas alejadas o discontinuas del área urbana consolidada. El poner en valor se refiere a generar las condiciones funcionales para operar como ciudad. Es en este contexto que se genera el fenómeno de Sprawl, como un pseudo suburbio de las nuevas centralidades, con la característica ser no contiguo, y solo referirse al usos residencial con movilidad en automóvil.

4.3.- Hipótesis de investigación

En el marco conceptual antes planteado, la discusión respecto del porque existen zonas que no se desarrollan resulta ser, a juicio personal, un factor de segundo orden.

Por ejemplo, los aspectos **normativos** y **geográficos**, son claramente factores de discontinuidad de expansión urbana. Las zonificaciones asociadas a restricciones de “no desarrollo”, ya sea por usos agrícolas exclusivos, por reservas naturales, u otro tipo de condiciones que prohíba directamente el asentamiento urbano. Las condiciones geográficas se refieren a condiciones físicas de habitabilidad que impiden el asentamiento humano.

Dicho de otra forma, el no desarrollo es directamente una decisión, ya sea privada o pública. Si la decisión es privada, puede que sea una estrategia para valorizar grandes territorios de manera de sacar las mayores rentabilidades, por lo que puede resultar eficiente generar desarrollos en las zonas más lejanas, con el fin de valorizar de mejor forma los terrenos intermedios (generando corredores de interacción y demandas inducidas). Si la decisión del no desarrollo es pública, se esta frente a una normativa que restringe el uso y desarrollo de un territorio, basado a algún argumento de conservación, protección y/o fomento. Mucha de la bibliografía analizada, apunta a evaluar lo mala que es la decisión (ya sea pública o privada) del desarrollo o no desarrollo, en términos ambientales, sociales, económicos, etc

Entonces, lo que resulta importante de aclarar a través de una investigación se refiere a determinar **cuales son las condiciones que hacen desarrollables territorios alejados, como para participar en el proceso de expansión urbana del área metropolitana**. Si se dan estas condiciones para el desarrollo, se puede tener un territorio desarrollado o no desarrollado. Inversamente esto no se cumple, ya que el privado o el estado pueden tomar a priori una decisión de desarrollar o no, pero si las condiciones no existen, entonces igualmente se observará un no desarrollo, por mucha especulación que se quiera. Dicho de otra forma, el factor principal para el desarrollo urbano es la condición del territorio respecto del área metropolitana, y en un segundo nivel esta la decisión de desarrollar o no desarrollar.

En base a lo expuesto es que la hipótesis que se plantea demostrar en esta investigación es que:

“ El fenómeno de sprawl, o urbanización discontinua, es producto de la conformación de nuevas centralidades periféricas en las ciudades, las que asignan atributos de funcionalidad urbana a territorios espacialmente alejados. Las zonas urbanas discontinuas espacialmente, son los suburbios de las nuevas centralidades, y, por esta condición, necesariamente están contiguas en la dimensión funcional de la ciudad. La funcionalidad a la cual se hace referencia tiene que ver con el concepto de accesibilidad urbana, en el más amplio espectro de su significado, y asociado claramente a las funciones que la ciudad ejerce para sus habitantes”

En base a la hipótesis de investigación, el tema de la continuidad o discontinuidad espacial resulta ser poco relevante frente a la continuidad o discontinuidad funcional (de accesibilidad) del territorio.

4.4.- Análisis previos: la accesibilidad

De la hipótesis se lee que es la accesibilidad la que atributa un territorio específico para ser desarrollado en relación al área metropolitana. Entonces surge la necesidad de investigar el concepto de accesibilidad, desde sus definiciones hasta las formas de cálculo.

La accesibilidad es uno de los argumentos reiterados en las explicaciones de la expansión urbana discontinua, y aparece en cada una de las formas de medición bajo distintos nombres (contigüidad, distancia, centralidad, proximidad, tiempo de viaje, etc). A pesar de que este concepto es frecuentemente usado en la literatura, su definición es imprecisa, probablemente por su carácter abstracto, y depende del enfoque del modelo que la considere. Es por esto que durante los últimos 40 años se han propuesto diversas definiciones y medidas de accesibilidad.

El concepto original del análisis de transporte se basa en la teoría y **topología de redes**. La accesibilidad en esta teoría se representa en el hecho que un nodo j es "accesible" desde un nodo i si existe una ruta (secuencia o unión de arcos en el cual en el cual es necesario considerar la dirección) que une i con j. Por otra parte, un nodo i esta "conectado" con un nodo j si existe una cadena entre i y j. De esta definición topológica de accesibilidad y conectividad se deduce que dos nodos pueden estar conectados y sin embargo puede no ser accesible el uno desde el otro. Al definir, la misma teoría de redes, el costo de acceso de un nodo i a un nodo j, cij, se pierden los conceptos topológicos antes definidos respecto de accesibilidad y conectividad, ya que se supone implícito en el cálculo del costo de acceso.

La accesibilidad en los modelos **gravitacionales**, es representada por la función de fricción. A lo largo de los años la variable de especialidad ha evolucionado hacia el "costo" de acceso. Hansen (1959) llega a formular expresiones que relacionan factores de atracción en la zona de destino (B(j)) con la distancia o el costo del viaje. Posteriormente Wilson, asocian el concepto de accesibilidad a los parámetros obtenidos del proceso de balanceo y calibración de modelos de interacción espacial **[9]**. Es en este tipo de modelos se estructura un nuevo concepto denominado "atractividad". Este concepto engloba a la función de fricción espacial en conjunto con la función de atracción en el destino j. Es así que cada destino tiene un nivel de atractividad (o atractivo de interacciones), el que depende directamente de la "masa" que atrae (con todos sus atributos), pero es castigado por la separación espacial (fricción). Es este concepto el que posibilitará, como veremos a continuación, la integración entre los modelos de usos de suelo o actividades, y los modelos de transporte, que para ese entonces surge como aplicaciones avanzadas de la teoría de redes antes mencionadas.

La accesibilidad en los modelos de **transporte y uso de suelo**, se reconoce como el elemento que permite la interacción del sistema de transporte y el de actividades urbanas.

Considerando que tanto el proceso de localización de actividades como el uso del sistema de transporte son, en última instancia, producto de decisiones de individuos y firmas, parece natural y factible obtener consistencia en el análisis mediante el uso de la teoría microeconómica del comportamiento del individuo (residencia) y de la firma (actividad). **(10)** Así, se supone que los individuos (agrupados en hogares) obtienen beneficios del ejercicio de variadas actividades cuyo total intentan maximizar mediante un uso optimo de sus recursos tiempo e ingreso (esto constituye la ley de comportamiento del individuo racional). La firma, por su parte, cualquiera sea su actividad, pretende maximizar sus utilidades económicas restringida por la tecnología e insumos disponibles. Por lo tanto es la función de utilidad de hogares y la función de producción de las firmas la que establece el valor económico asociado al acceso a cada actividad urbana, y es en virtud de ese valor que se tomarán decisiones de localización espacial. Por lo tanto, para entender el rol del acceso en las decisiones de localización urbana es necesario entender primero las necesidades de interacción con otras actividades que los hogares y firmas tienen implícitas en sus funciones de utilidad y producción respectivamente, y luego intentar representar tales necesidades y percepciones en medidas apropiadas de acceso. **(10)**

Así, se definen dos conceptos asociados a la idea de acceso, los que son:

- Accesibilidad : definida como la utilidad o beneficio económico que reporta al hogar o firma el visitar actividades propias de su quehacer.

- Atractividad : definida como el beneficio económico que extrae el hogar o firma por las visitas que recibe en su entorno.

Notar que accesibilidad es un beneficio directamente percibido por los que hacen viajes, mientras que atractividad es un beneficio a las actividades (hogares y firmas) localizadas en los destinos de los viajes. **(4)(8)**

El paso siguiente fue interpretar el costo monetario de transporte como un costo generalizado que incluye el consumo de tiempo, comodidad, etc., que tiende a una interpretación más económica que física. Esta relación, unida al desarrollo de la teoría de la utilidad aleatoria, incentivo a formulación de medidas con estricto sentido económico, directamente derivadas del comportamiento individual. Williams y Seniour **(10)** (1978) interpretan el costo compuesto como una medida de accesibilidad de una determinada localización o zona. Más aún, ellos proponen que tales medidas se pueden interpretar como un excedente asociado a la localización, el que tendría directa interpretación en términos de precios del suelo urbano.

La accesibilidad en los modelos de **simulación** urbana (autómatas celulares, y modelos basados en agentes) se aprecia en la utilización explícita de las relaciones espaciales locales entre las celdas, al configurar las denominadas vecindades. Luego, se maneja el concepto de "proximidad" en la definición de la vecindad, y su efecto en la ecuación de transición de estado.

La accesibilidad en modelos en base a agentes (ABM) se reconoce en que el movimiento del agente en el espacio de simulación se rige por una función de movimiento que depende del estado de las celdas (bajo el enfoque de autómata celular) y de la separaciones espaciales entre las celdas de su vecindad específica.

De lo expuesto se aprecia la evolución que ha tenido tanto la concepción como la forma de cálculo del concepto de accesibilidad, lo que indica una clara ambigüedad y divergencia en términos prácticos. A esta ambigüedad se contrapone la claridad y consenso que hay en la literatura, respecto al entendimiento y reconocimiento de la "accesibilidad" como factor urbano relevante.

4.5.- Metodología de investigación

La hipótesis planteada requiere de un diseño metodológico que recoja, por una parte la estructura conceptual de la problemática, las definiciones necesarias para operacionalizar su implementación, y finalmente la secuencia de procedimientos (y métodos de cálculo) a aplicar.
Previo a la presentación de cada uno de estos puntos, es necesario mencionar que la hipótesis, y consecuente metodología, se verificará a través de la aplicación al área metropolitana de Santiago de Chile, en el período comprendido entre 1987 y 2001.

4.5.1.- Objetivos de la investigación

El ***objetivo principal*** de esta investigación es determinar como actúa la accesibilidad, como elemento que condiciona la relación entre las nuevas centralidades en la ciudad de Santiago, y los desarrollos residenciales en territorios fuera del área urbana.

Para cumplir este objetivo general se deben cumplir los siguientes **objetivos específicos**:

- Caracterizar los patrones de cambio residencial, por estrato socioeconómico, en la región metropolitana
- Caracterizar los patrones de movilidad diaria (viajes), para distintas funcionalidades urbanas, y por nivel socioeconómico.
- Identificación y caracterización de nuevas centralidades de usos de suelo y empleos, en la región metropolitana
- Caracterizar los distintos tipos de accesibilidad en el territorio, y su evolución en el tiempo.
- Análisis conjunto e integrado

4.5.2.- Definiciones conceptuales previas, y variables relevantes

La hipótesis de investigación plantea la relación entre tres elementos principales que son la ***localización residencial***, ***la localización de usos no residenciales*** (empleos), y la ***funcionalidad urbana***. De estos tres elementos, tal vez el más ambiguo es el término de funcionalidad urbana, por lo que es necesario desarrollar previamente el que se va a entender por funcionalidad urbana, para posteriormente identificar las variables relevantes al respecto.

La ***residencia*** se entenderá como la localización de un hogar, y también de sus habitantes, en donde se desarrolla la actividad de pernoctar de sus habitantes. Este es en esencia el punto donde se emplaza el requerimiento o demanda de satisfacción de necesidades de todo tipo, de las cuales solo algunas satisface las funciones presentes en la ciudad. Por el hecho que las características de estos hogares difiere según su nivel socioeconómico (o de ingreso), y además del hecho que el fenómeno de urbanización dispersa se le asocia sólo a algunos niveles socioeconómicos, es que se analizará diferenciando esta característica.

La variable específica respecto de lo planteado será el número de hogares por nivel socioeconómico, clasificación para lo cual se utilizaran definiciones y modos de calculo relativamente consensuados en Chile.

Los **usos no residenciales**, o también llamados firmas, serán considerados como la localización del establecimiento que acoge a distintas actividades, que presentan servicios en la ciudad, por lo que constituyen los servicios urbanos disponibles. Son estos usos, y su comportamiento espacial en el tiempo, los que determinarán la conformación de nuevas centralidades. En resumen, es la localización en donde se satisfacen algunas de las necesidades del hogar, para lo cual es necesario viajar.

La variable específica en este sentido será el número de empresas por rubro de servicio, donde nuevamente el rubro será una definición estándar para Chile.

La **funcionalidad urbana**, entonces, será los tipos de necesidades del hogar que satisfacen los servicios presentes en la ciudad, pero que originen un viaje desde un hogar hasta un uso no residencial. No se considerarán las necesidades que se puedan satisfacer en otros modos de interacción, que no sea el viaje, o que se puedan satisfacer en otra parte que no sea la ciudad.

La variable específica a utilizar para caracterizar la funcionalidad urbana serán los viajes, con sus tiempos, modos, y propósitos.

Los modelos, índices, y procedimientos que se establezcan para medir elementos como accesibilidad, centralidad, etc, se construirán o utilizarán uno o varios de las variables genéricas presentadas en este punto.

4.5.3.- Secuencia metodológica seguida

La metodología seguida en esta investigación se estructura en tres etapas. En la primera de estas, se analiza el comportamiento migratorio de la población considerando su estrato socioeconómico.

En la segunda etapa, se analizan los patrones de movilidad de la población considerando el estrato socioeconómico y la necesidad a satisfacer e la ciudad.

Finalmente, en la tercera etapa se integraron los resultados de las etapas anteriores, para verificar a través de técnicas econométrica la influencia de la accesibilidad en la localización y migración de estratos en el territorio, y específicamente en la zonas de urbanización dispersa.

A continuación se escribe en detalle la metodología seguida en cada una de las etapas antes mencionada, para finalmente terminar con un diagrama de flujo que esquematiza lo hecho en el estudio.

Etapa I.- Comportamiento locacional y migratorio de la población

Para analizar el comportamiento locacional y migratorio de la población, se contó con la base de datos de los censos de población y vivienda de los años 1992 y 2001. La base de datos censal permite hacer procesamiento de la información a partir de cruces específicos, con el fin de construir indicadores. Uno de estos indicadores corresponde al nivel socioeconómico de la población, que da cuenta de varias condiciones ala vez, que en definitiva diferencian el comportamiento en la ciudad, de la población.

I.1.- Nivel socioeconómico

Dado que los censos de población y vivienda chilenos no consultan directamente el ingreso familiar, es que a lo largo del tiempo los investigadores se han visto en la necesidad de construir un sinnúmero de cruces y condiciones para definir el denominado “nivel socioeconómico” de los hogares, y consecuentemente de la población.

Tradicionalmente, estos cruces han considerado la materialidad de la vivienda, y las condiciones sanitaria de la misma. Lo anterior muestra el gran sesgo de enfoque hacia la pobreza, o las necesidades básicas insatisfechas.

Los estudios de segregación socio-espacial han dado un paso más allá, en el sentido de atribuir a la condición socioeconómica patrones de comportamiento diferentes en lo que refiere al uso y emplazamiento en las ciudades. En el tema de cómo medir el nivel socioeconómico (tendiente al comportamiento diferenciado, y no a pobreza), estos estudios han convergido hacia el nivel educacional de la población, como una de las variables proxy más cercana al nivel socioeconómico [28].

Actualmente existe una clasificación relativamente consensuada, que trabaja sobre variables del censo de población y vivienda, para determinar el nivel socioeconómico de los hogares. Esta clasificación toma dos variables, donde la primera es el nivel educacional del jefe de hogar, y la segunda variable se refiere a la tenencia de bienes. En la siguiente tabla se muestra los criterios de clasificación socioeconómicas de los hogares.

Figura 4.1.- Clasificación del nivel socioeconómico

Nivel de Estudio	Cantidad de Bienes del Hogar (Ducha+TV color+Refrigerador+Lavadora+Calefont+Microondas+TV Cable+PC+Internet+Vehículo)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sin Estudios	E	E	E	E	E	D	D	D	D	C3	C3
Básica Incompleta	E	E	E	E	D	D	D	D	C3	C3	C3
Básica Completa	E	E	D	D	D	D	D	C3	C3	C3	C3
Media Incompleta	D	D	D	D	D	D	C3	C3	C3	C3	C2
Media Completa	D	D	D	D	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C2
Técnica Incompleta	C3	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C2	C2	C2	ABC1
Técnica Completa o Universitaria Incompleta	C3	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C2	C2	ABC1	ABC1
Universitaria Completa o más	C3	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C2	ABC1	ABC1	ABC1

Fuente: *Adimark*

Las categorías mostradas en la tabla (Abc1, C2, C3, etc) han sido ampliamente usadas en Chile, por lo que se deben entender según la siguiente interpretación:

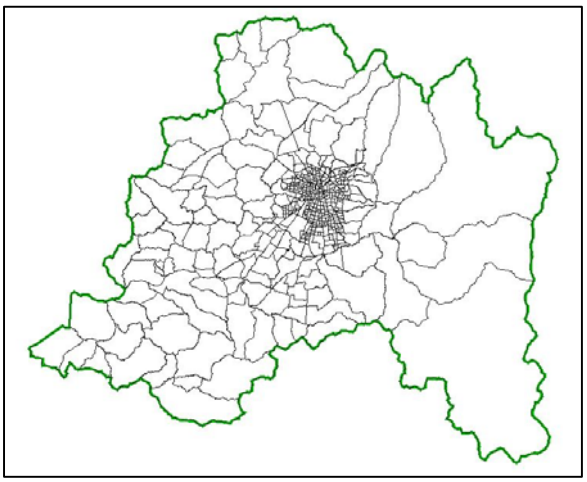
ABC1 : estrato Alto
C2 : estrato Medio Alto
C3 : estrato Medio
D : estrato Medio bajo
E : estrato Bajo

La tabla expuesta presenta muchos defensores y detractores. Los detractores argumentan que la tenencia de vienes es un paradigma antiguo respecto del nivel socioeconómico, en la medida que los bienes se han acercado rápidamente a la población, por mecanismos propios de mercado (financiamiento, etc). Los defensores argumentan que por fin resuelve el problema de estandarizar las medidas, además de tomar la variable de nivel de estudio, que esta directamente relacionada a los actuales conceptos de capital humano.

I.2.- Unidad de análisis y Migración de hogares

La unidad de análisis espacial utilizada para caracterizar el total de hogares, y la migración por estrato, fue el Distrito Censal. Esta decisión se debe a que es el distrito la escala más pequeña, que su vez es común para suelo urbano y rural. A continuación se presenta una figura con los distritos para el año 2001.

Figura 4.2.- Distritos censales año 2001



Fuente: Instituto nacional de estadísticas

En ambos censos utilizados (1992 y 2001) se consulta la pregunta respecto de "en que comuna vivía usted hace 5 años atrás". Con el procesamiento de esta pregunta se construyeron las denominadas matrices de "movilidad residencial" de la población, por nivel socioeconómico.

Con la información obtenida de los procesamientos antes descritos, se estructuraron las variables que en definitiva se utilizaron en esta investigación.

I.3.- Variables finales

Las variables que finalmente que se calcularon para cada distrito, y cada censo, se describen a continuación:

- **Población total por estrato**: para dar cuenta de la masa absoluta que reside en cada distrito

$$P_i^{k,t}$$

donde

$P^{k,t}{}_i$: población de nivel socioeconómico k, en el año t, en el distrito i

k: subindidice de nivel socioeconómico (alto, medio alto, medio, medio bajo, bajo)
t : subíndice de año (1991, 2001)
i : subíndice de distrito (i=1…n)

- **Densidad poblacional por estrato**: que corresponde a la población por estrato en una hectárea de superficie. Esta variable da cuenta de la intensidad de la presencia de cada estrato en el territorio. La lógica de la densidad es independizarse del tamaño de la zona, lo que permite mezclarse con otro tipo de información.

$$D_i^{k,t} = \frac{P_i^{k,t}}{A_i}$$

donde

$D^{k,t}{}_i$: densidad población de nivel socioeconómico k, en el año t, en el distrito i
$P^{k,t}{}_i$: población de nivel socioeconómico k, en el año t, en el distrito i
A_i : superficie (hectáreas) del distrito i

- **Tasa de inmigración por estrato**: que corresponde al cuociente entre cuantos habitantes llegaron desde otras comunas por un habitante que viene de esa misma comuna. Esta variable tiene la misión de medir la intensidad relativa de inmigración a distrito, por estrato.

$$P_i^{k,t} = I_i^{k,t-5} + NI_i^{k,t-5}$$

$$TI_i^{k,t} = \frac{I_i^{k,t-5}}{NI_i^{k,t-5}}$$

donde

$TI^{k,t}{}_i$: tasa de inmigración del nivel socioeconómico k, en el año t, en el distrito i
$I^{k,t-5}{}_i$: población de nivel socioeconómico k, en el año t, en el distrito i que si inmigro, desde otras comunas, en los 5 años anteriores
$NI^{k,t-5}{}_i$: población de nivel socioeconómico k, en el año t, en el distrito i que no inmigro en los 5 años anteriores
$P^{k,t}{}_i$: población de nivel socioeconómico k, en el año t, en el distrito i

Con las variables calculadas, se caracterizaron espacialmente los patrones migratorios de cada estrato socioeconómico, y también la intensidad de uso residencial del territorio de la región metropolitana, en dos cortes temporales (1991 y 2001).

También, de la matriz de movilidad residencial permitió diagnosticar la estructura de la inmigración, en el sentido de reconocer si la procedencia de los inmigrantes es del área metropolitana (sobre-demanda u overspill), o del área rural (fase de concentración urbana).

Etapa II.- Probabilidad funcional del territorio.

La hipótesis de investigación plantea la necesidad de relacionar e patrón de migración socioeconómica, con la funcionalidad urbana de los territorios. Es así que por "comportamiento funcional urbano" se entendió a los patrones de "movilidad diaria" de la población (por nivel socioeconómicos), para satisfacer distintas necesidades en la ciudad.

Por lo expuesto en el marco teórico que sustenta esta investigación, se entenderá que la ciudad satisface distintas necesidades de la población, es decir, su funcionalidad serán los propósitos específicos que tiene la población al visitarla. Es así que la ciudad "funciona" para satisfacer necesidades de trabajo, de estudio, etc.

La fuente de información que se utilizó para caracterizar las funcionalidades urbanas, fueron las Encuestas Origen-Destino de viajes (en adelante EOD), realizadas los años 1991 y 2001 en la región metropolitana. En estas encuestas, aparte de caracterizar el patrón de viajes seguidos por la población (origen, destino, modo, propósito, etc), también se caracterizan los hogares y las personas en base a la misma clasificación socioeconómica antes presentada. Esto permitió obtener patrones de movilidad diferenciando el estrato socioeconómico.

Las funcionalidades urbanas consideradas en esta investigación son los propósitos de trabajo, estudio, compras y trámites, asistencia de salud, y viajes de carácter social. Al respecto, las dos encuestas EOD utilizadas presentaron una consistencia directa en relación a estos propósitos. A continuación se describe cada uno de estos propósitos, para estar claro en su entendimiento.

Al trabajo: se manifiesta cuando el objeto principal es acceder al lugar donde se efectúan las labores relacionadas con el trabajo de la persona.

Al estudio: se da cuando el motivo del viaje es ir a un lugar para realizar labores relacionadas con el estudio que la persona realiza.

Compras o trámites: se presenta cuando el objetivo principal es hacer compras, o cuando el objetivo principal es realizar trámites en servicios públicos o privados, bancos, cajas de previsión, etc, pero por motivos personales y no de trabajo.

Salud: se manifiesta cuando el objetivo principal es acceder a lugares relacionados con la salud, centro médico, dentista, hospital, etc.

Social: corresponde a viajes que se efectúan para cumplir con actividades de tipo social, religioso o de entretenimiento.

II.1.- Unidad de análisis, y variables complementarias

La unidad de análisis espacial utilizada para este análisis fue la zona definida por cada una de las encuestas. Así la EOD de 1991 considera un total de 530 zonas, y la EOD del 2001 un total de 769 zonas. En la siguiente figura se muestra la zonificación del 2001.

Figura 4.3.- Zonificación EOD 2001



Fuente: SECTRA

Las zonas EOD son más pequeñas que los distritos censales utilizados en la etapa anterior, lo que permite una menor resolución para este análisis. Esta menor resolución espacial genera una mayor exactitud de los datos utilizados referidos a tiempos y distancias. La agregación espacial a unidades mayores distorsiona la información individual del viaje.

El análisis realizado requirió de variables complementarias referidas a las unidades de análisis, siendo este es el caso de la medición de distancias entre zonas EOD. Para esto se utilizó una cobertura vial (urbana y rural) de la región metropolitana. Esta cobertura vial fue topológicamente cerrada, con el objeto de, primero incorporar los "centroides" de cada zona EOD como nodo de la red, segundo aplicar un procedimiento (en plataforma Transcad 4.0) para obtener la matriz de ruta mínima entre cada par de centroides EOD (aplicando heurísticas de optimización). Así, cada elemento de la matriz se denota como:

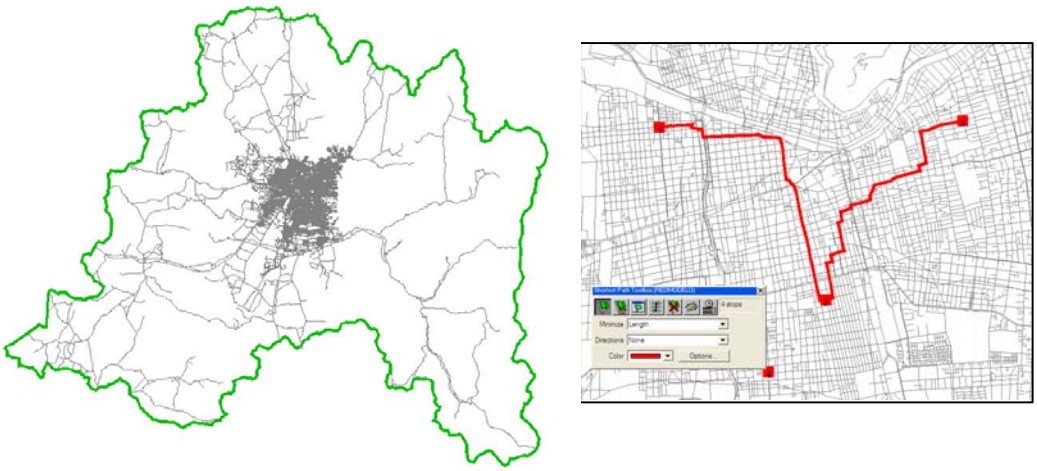
$$d_{i,j}$$

donde

$d_{i,j}$: distancia entre el centroide de la zona EOD i y la j
i,j : subíndice de zona EOD (i,j=1…n)

En la figura su muestra un ejemplo del procedimiento realizado.

Figura 4.4.- Red vial de modelación y procedimiento de calculo de ruta mínima



II.2.- Procesamiento de la información de viajes, y conformación de patrones de movilidad

El procesamiento de la base de datos de las EOD utilizadas (1991 y 2001), permitió obtener matrices origen-destino de viajes y tiempos de viajes, para distintos estratos socioeconómicos, para distintos modos, y finalmente para las funcionalidades (propósitos) antes definidos. Cada elemento de estas matrices se denota como:

$$V_{i,j}^{k,t,m,p} \; ; T_{i,j}^{k,t,m,p}$$

donde

$V_{i,j}^{k,t,m,p}$: viajes entre la zona i y la j, con el propósito p, en el modo m, en el año t, para el estrato k

$T_{i,j}^{k,t,m,p}$: tiempo de viaje (minutos) entre la zona i y la j, con el propósito p, en el modo m, en el año t, para el estrato k

i,j : subíndice de zona EOD (i,j=1…n)

m : subíndice de modo (auto, bus, taxi, etc)

p : subíndice de propósito (Al trabajo, al estudio, compras y trámites, salud, social)

Con las matrices de viajes, matrices de tiempos, y matrices de distancia, se procedió a estructurar los "histogramas de frecuencia de viajes", considerando tiempo de viaje, y distancia de viaje. Estos histogramas son los que se denominan "patrones de movilidad" por distancia, y patrones de movilidad por tiempo.

El objetivo de este procesamiento es obtener una pseudo distribución de probabilidades de viajes en relación al tiempo y a la distancia de viaje. Todo esto por funcionalidad, estrato socioeconómico, y año. Un ejemplo de resultado de este procesamiento es saber la probabilidad que un viaje de estrato alto demore 30 minutos, cuando el propósito es ir al lugar de trabajo.

Estos patrones de movilidad permiten tener comparaciones por estratos, por propósitos, y por año. Para caracterizar cada una de estas distribuciones se calcularon distintos percentiles (por el hecho de ser en general distribuciones asimétricas). Entonces los percentiles calculados son 10%, 20%, 40%, 50%, 60%, 80%, y 90%. Con estos indicadores se pudo apreciar lo que sucede con los viajes más cortos, los medios, y los más largos, tanto en tiempo como en distancia.

II.3.- Determinación de centralidades funcionales en la ciudad

El análisis anterior permite obtener un comportamiento probabilístico de un viaje tipo de un estrato determinado, por un propósito determinado. Lo anterior es independiente del destino del viaje, entonces el problema es el determinar en donde (destino) es más probable que se satisfaga un viaje de propósito y estrato determinado. Estos sitios "más probables" de satisfacción de necesidades son los que se definen como "centralidad funcional", es decir, el punto de mayor intensidad de atracción de viajes, para un propósito y estrato socioeconómico determinado.

Tradicionalmente la centralidad urbana se ha entendido como la concentración de distintas actividades (en adelante usos de suelo) en el territorio urbano, y se da por supuesto que dicha concentración será la más visitada. Para que esta centralidad de usos se transforme efectivamente en una centralidad funcional, se deben relacionar viajes y usos.

En esta investigación se ha definido el grado de centralidad funcional, como el cuociente entre los viajes atraídos (estrato-propósito) y los usos de suelo atribuibles al propósito del viaje, en la zona de destino. En síntesis, es la densidad de viajes atraídos por un uso asociado.

El concepto de centralidad funcional así definido, permite tener una visión asociada entre el stock de actividades, y su nivel de visita o atracción. Lo anterior hace que su potencialidad como variable de gestión, y evaluación, sea mucho mayor que si fueran ambas variables por separado. De hecho, el modelo tradicional de cuatro etapas en transporte utiliza un enfoque muy parecido en la calibración de los modelos de atracción de viajes. El problema es que al calibrar modelos de regresión lineal se pierden las singularidades en la atracción, factor que es determinante en la identificación de centralidades funcionales.

La información de usos de suelo se obtuvo de una base de datos oficial del Instituto nacional de Estadísticas, que surge de un procedimiento catastral denominado "precenso", elaborado tanto para el año 1991, como para el año 2001. En este proceso se realiza una identificación y conteo de los usos de suelo por manzanas, con el fin de hacer un empadronamiento de viviendas a ser visitadas en el proceso del censo como tal. Así este sub-producto del censo es una base confiable y de baja resolución.

La clasificación de los tipos de actividad o usos a analizar, la definió la información más agregada de que se disponía, es decir, el precenso 1991, pues sólo disponía de cuatro categorías de uso (industria, comercios, servicios, y otros). Por esta razón, las categorías del precenso 2001 (que eran mucho más) se agruparon en las mismas tres antes mencionadas.

Para los años 1991 y 2001, se procedió a totalizar los viajes atraídos por propósito-estrato, y también a totalizar el número de usos por tipo, para cada una de las correspondientes zonas EOD. El cálculo del indicador de centralidad (viajes atraídos por uso asociado), consideró la siguiente asociación de usos a funciones (propósitos):

Tabla 4.1.- Asignación de usos de suelo a funcionalidades de viajes

Usos asociados	Funcionalidad de viajes por estrato
Industria, comercio, servicios	AL trabajo
Servicios	Al estudio
Comercio, servicios	Compras y trámites
Servicios	De Salud
Hogares del estrato	Social

Fuente: elaboración propia

Finalmente el índice de centralidad funcional calculado, tiene la siguiente estructura

$$CF_i^{k,t,p} = \frac{\sum_j V_{i,j}^{k,t,p}}{U_i^{t,p}}$$

donde

$CF_i^{k,t,p}$: centralidad funcional de la zona i, con el propósito p, en el año t, para el estrato k
$V_{i,j}^{k,t,p}$: viajes entre la zona i y la j, con el propósito p, en el año t, para el estrato k
$U_{i,}^{t,p}$: numero de usos de suelo asociado al propósito p, en la zona i, en el año t

El cálculo del índice de centralidad funcional es para cada zona EOD, por lo que a continuación se definieron los umbrales para reconocer si un valor es o no es una "centralidad funcional", es decir, un valor estadísticamente alto en comparación al resto. El criterio de asignación de jerarquía se baso en el cálculo del percentil 50%, y el 75% de la distribución conjunta de los valores de 1991 y 2001. La idea de considerar la distribución conjunta es la de identificar un solo número para los dos años, que sirva de parámetro y así poder observar el comportamiento espacial-temporal de las centralidades, en el entendido que el umbral común los hace directamente comparables.

Finalmente las zonas con índices de centralidad mayores o iguales al percentil 75% se clasifican como "centralidades funcionales actuales", y las zonas con índices de centralidad entre el percentil 50% y el 75%, se clasifican como "centralidades funcionales potenciales", todo lo anterior diferenciado por estrato socioeconómico y propósito a satisfacer.

II.4.- Cálculo de la probabilidad funcional del territorio

La probabilidad funcional de un territorio se define como la probabilidad de que un estrato determinado interactúe con alguna centralidad funcional específica, es decir, la capacidad de ser capturado por la centralidad cercana, para satisfacer la función. Así definida, la probabilidad funcional de un territorio depende sólo del tiempo de viaje que se requiere (diferenciado por modo), para visitar la centralidad funcional más cercana.

Para calcular las probabilidades funcionales de un estrato, para una funcionalidad determinada, en todos los puntos del territorio, se siguieron los siguientes pasos:

a) De la matriz de tiempos de viajes, se obtuvieron los tiempos en modo privado y público, de cada zona EOD, hacia la zona más cercana que estuviera catalogada como centralidad funcional actual y potencial.

b) Se calcula un tiempo de viaje compuesto para ese estrato y esa función, utilizando la partición modal publico privado, de ese estrato en esa función.

c) El tiempo compuesto se transforma en una probabilidad funcional, para ese estrato y esa función. Para esto se utilizan los patrones de movilidad calculados en los puntos anteriores. Esta probabilidad me indica, en escala de 0 a 100, que tan bueno es localizarse en dicho punto, y satisfacer la función requerida en la centralidad más cercana. (el valor 100 es la mejor condición, que significa localizarse directamente en la centralidad).

d) Con las probabilidades funcionales por función, se construye una probabilidad funcional total o final, integrando todas las probabilidades por función, a través de su ponderación por la partición de viajes por propósito, para el estrato específico.

El resultado de todo este procedimiento es un valor por territorio, que va de 0 a 100, y que me indica cuales son las condiciones de ese punto para satisfacer todas las funciones urbanas a la vez de un estrato específico.

II.5.- Variables finales, medidas de accesibilidad del territorio

Finalmente se construyen las distintas medidas de accesibilidad a ser contrastadas con las variables migratorias.

Las medidas de accesibilidad construidas corresponden a los lineamientos conceptuales de la hipótesis, y se presentan a continuación.

Accesibilidad topológica de un punto : esta dimensión se medirá en función de dos variables que son

- tiempo mínimo de viaje al centro, en modo transporte privado y transporte publico
- el tiempo mínimo de viaje a todos las zonas de la ciudad, en modo transporte privado y transporte público

Estas variables dan solo cuenta del nivel de servicio de las redes de transporte, característica propia del enfoque topológico.

Contigüidad territorial: se medirá a partir de variables dicotómicas, que dan cuenta de la situación espacial de los puntos, es decir, si se encuentran en la periferia contigua a la ciudad, o en la periferia lejana. Con esto, las variables serán

- periferia contigua: determinada por los distritos adyacentes no consolidados a los distritos urbanos consolidados
- periferia lejana: determinada por los distritos adyacentes a la periferia contigua

Atractividad territorial: esta variable se medirá con la probabilidad funcional del territorio, antes calculada. Esta variable da cuenta da la atracción que ejercen las distintas centralidades sobre el territorio en cuestión. También se podría entender como un grado de accesibilidad a centralidades. Entonces la variable será:

- Probabilidad funcional del territorio

Etapa III.- Medias de accesibilidad y comportamiento migratorio en el territorio.

En esta etapa se trata de explicar el patrón locacional y migratorio de los distintos estratos en el territorio, a partir de las medidas de accesibilidad antes presentadas, y calculadas para cada territorio en cuestión.

La técnica usada para establecer estas relaciones causales fue la calibración de modelos econométricos simples, cuya estructura genérica se presenta a continuación:

$$Locacion\ y\ migración_i^{k,t} = \alpha 1 * Accesibilidad\ topológica_i^t + \alpha 2 * Contiguidad\ territorial_i + \alpha 3 * Atractividad\ territorial_i^{k,t} + \alpha 4 * Normativa_i$$

donde

Locación y migración$_i^{k,t}$: variables demográficas calculadas en el distrito i, del estrato k, en el año t

Accesibilidad topológica$_i^t$: variables de accesibilidad topológica calculadas en el distrito i, en el año t

Atractividad territorial$_i^{k,t}$: variable de atractividad calculada en el distrito i, para el estrato k, en el año t

Contigüidad territorial$_i$: variable de contigüidad evaluada para el distrito i

Normativa$_i$: esta variable da cuenta de restricciones al desarrollo en el distrito i

Como se puede apreciar, los modelos son de corte transversal, y persigue explicar el patrón locacional y migratorio en función de las variables de accesibilidad calculadas, dicho de otra forma, y a modo de ejemplo, se buscara explicar la densidad de estratos altos en función del tiempo de acceso al centro, la situación de contigüidad a zonas consolidadas, y la atractividad del territorio para el estrato alto.

En este modelo se incorpora una variable normativa, de carácter dicotómica (dummy), que evaluar el efecto de permitir o no el desarrollo urbano, en las variables demográfico-migratoria, pero solo para el año 2001, pues el año 1991 dicha normativa no existía.

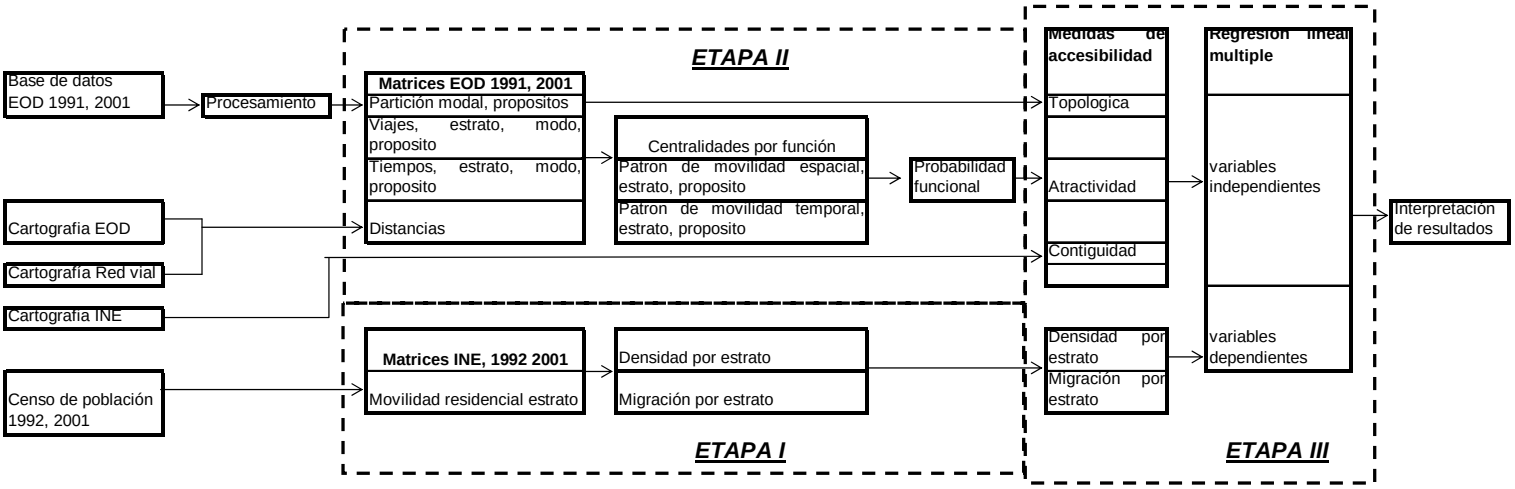
La obtención de los mejores modelos será en base a la propia de la técnica econométrica, la que sigue los siguientes criterios:

a) Coherencia de signo, y significancia estadística de parámetros
b) Significancia estadística global del modelo
c) Ajuste del modelo

Una vez calibrados los mejores modelos, se analizaron los coeficientes estandarizados para ver cual era el peso de cada una de las dimensiones de accesibilidad evaluadas, en la explicación del patrón de localización y migración de cada estrato, con el objeto de verificar o no la hipótesis de investigación planteada por esta tesis.

A continuación, y a modo de síntesis, se presenta un esquema detallado de la metodología seguida en este trabajo de investigación

Figura 4.5.- Diagrama de flujo de la metodología seguida



Fuente: elaboración propia

CAPITULO 5.- ANALISIS EMPIRICO APLICADO A LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CHILE, 1991 -2001

5.1.- Presentación de la ciudad de Santiago de Chile

La ciudad de Santiago de Chile se enmarca dentro de la denominada *Región Metropolitana*, la que esta compuesta por 52 comunas, distribuidas en seis provincias: Santiago, Cordillera, Chacabuco, Maipo, Melipilla y Talagante. Cuando se habla de la ciudad de "Santiago", usualmente se refiere al área urbana continua, también conocida como Area Metropolitana de Santiago (AMS) o *Gran Santiago*. Este es un territorio urbanizado continuo, dentro de 34.

5.1.1.- Demografía y urbanización

Hoy en día la población de la Región Metropolitana es de 6.061.185 habitantes según el censo de año 2002, correspondiendo al 40,1% del total país, localizados en una superficie de 1.539.076 há. La concentración de la población regional se localiza principalmente en los centros urbanos, encontrándose un 96,6% en las zonas urbanas y un 3,4% en las áreas rurales. Es importante el señalar que al diferenciar el AMS del resto de las ciudades, encontramos un descenso en el porcentaje de población urbana de un 1,2% en el periodo 82-92 a un 1,1% en el periodo 92-02. El resto de las ciudades de la región presentan un alza mínima en la población urbana, existiendo un incremento de un 1,3 a 1,4 % en igual periodos de tiempo.

En el año 1982 existía una concentración marcada de población en el centro de la AMS, en cambio en los años 1992 y 2002 se observa el mismo comportamiento poblacional, el cual se expresa en una mayor cantidad de población en la periferia, en términos absolutos.

La distribución de población en la Región, destaca la primacía del área metropolitana de Santiago (AMS) sobre el resto de los centros poblados, produciéndose un desequilibrio de por lo menos 100 veces el tamaño de la metrópolis con el centro urbano que lo sigue en población, Colina.

En cuanto a la tendencia de crecimiento poblacional de la región, podemos indicar que esta tiene un comportamiento positivo de un 1,94% en los últimos 10 años, pero si analizamos la distribución espacial interna de la región,, nos damos cuenta que persiste la tendencia de despoblamiento del área central del AMS, y un incremento claro en la periferia urbana, destacándose las comunas de Quilicura, Puente Alto, Maipú y Lo Barnechea. Por otro lado los centros urbanos rurales presentan tasas altas de crecimiento principalmente las asociadas al sector norte de la región y en un nivel inferior, las comunas que se encuentran en el eje de la ruta 78.

El sistema de centros urbanos de la región metropolitana se ha consolidado estructuralmente en el siglo pasado (siglo XX) destacándose principalmente los siguientes hitos en la evolución histórica del sistema:

1895 Santiago con más de 250.000 habitantes, donde este centro urbano era el único centro poblado de la región.

1907 El sistema urbano se conforma por 332.000 habitantes, considerando adicionalmente las ciudades de San Bernardo y Melipilla.

1920 La población de Santiago es de aproximadamente 500.000 habitantes, San Bernardo alcanza una población de 10.000 habitantes y Melipilla cercana a los 6.000 habitantes

1930 El cambio principal del sistema urbano se focaliza en torno a Santiago, donde se desarrollan zonas urbanas tales como: Conchali, Providencia, Ñuñoa, San Miguel, Maipú, Quinta Normal y Renca, las cuales se conurbaron a la metrópolis alcanzando una población de 700.000 habitantes. En general estas eran zonas de segunda residencia de la población de la comuna de Santiago.

1960 Los componentes del sistema de ciudades se complejiza existiendo diez ciudades en la región llegando a una población de aproximadamente 1.900.000 habitantes.

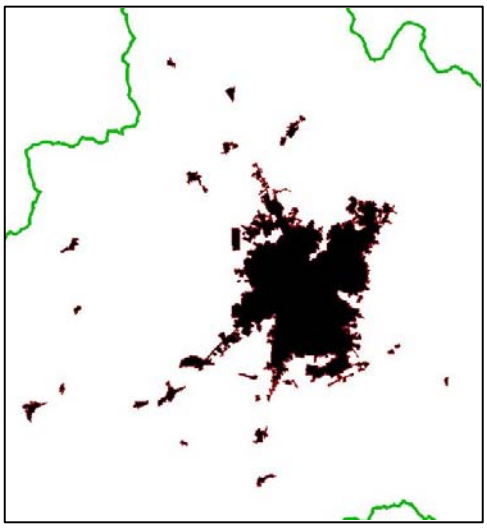
1992 La metrópolis posee un sistema de centros poblados que se compone de 13 ciudades: Peñaflor, Melipilla, Talagante, Colina, Buín, Padre Hurtado, El Monte, Paine, Curacaví, Isla Maipo, Batuco, Lampa y San José de Maipo. La población regional alcanza un número de 4,7 millones de habitantes.

2002 El sistema urbano de ciudades esta compuesto por 47 localidades: 1 área metropolitana 13 ciudades y 33 pueblos; aglomerando una población de 6.061.185 habitantes.

El AMS se ha venido extendiendo desde su fundación a partir del centro cívico, y al que se le han agregado recientemente las parcelas de agrado y loteos suburbanos.

Autores como Echenique y otros hacen referencia al denominado Santiago-Región, que se asocia al sistema urbano en la región el que incluye distritos administrativos que, sin ser físicamente contiguos al área metropolitana central, dependen funcionalmente de ellas.

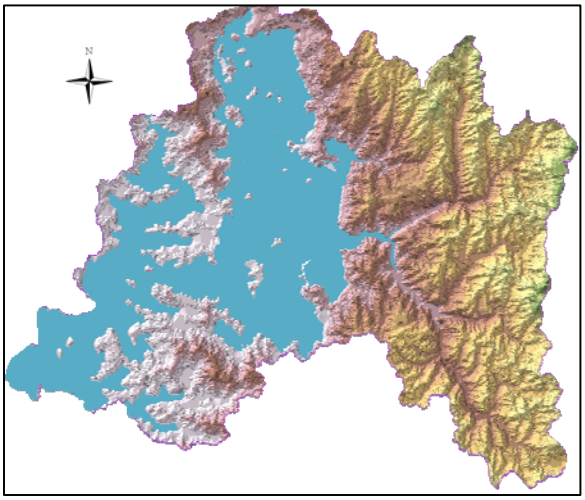
Figura 5.1.- Áreas urbanas en la región metropolitana



Fuente: elaboración propia

El área habitable regional, considerando áreas inferiores a la cota 1000 metros y con una pendiente inferior o igual a 10% (normativa ley general de urbanismo y construcción). El Área habitable se muestra en la siguiente figura de color celeste, donde esta representa solo el 33% del área total regional.

Figura 5.2.- Área habitable en la Región Metropolitana.



Para integrar los antecedentes anteriores es que surge el siguiente cuadro en donde se muestra la evolución de las características físicas y demográficas del gran Santiago en el tiempo.

Tabla 5.1.- Evolución histórica de la población, extensión urbana y densidad

Año	Población urbana	Var %	Superficie urbana (ha)	Var %	Densidad (hab/ha)	Var %
1940	982.893		11.017		89	
1952	1.436.870	46,2	15.351	39,3	94	4,9
1960	1.996.142	38,9	21.165	37,9	94	0,8
1970	2.820.936	41,3	31.841	50,4	89	-6,1
1982	3.902.356	38,3	42.080	32,2	93	4,7
1992	4.754.901	21,8	49.270	17,1	97	4,1
2002	5.456.326	14,8	64.140	30,2	85	-11,9
	Promedio	33,6		34,5		-0,6

Fuente: Galetovic y Jordan

En cuadro nº2 se aprecia que si bien la población aumenta del orden de 34% por decenio, y la superficie urbanizada del orden 35% por decenio (expansión urbana), la densidad media de la ciudad se mantiene relativamente constante, con compensaciones entre aumento y disminución.

5.1.2.- Normativa urbana

Desde la promulgación del Plan Intercomunal de Santiago (PIS) de 1960[1], se conforma el área suburbana, instrumento que la define como el territorio existente entre el Límite Urbano y Límite Suburbano. Organiza0 espacialmente las zonas específicas de uso, destinadas a parcelas agrícolas- residenciales, de superficie entre 5.000 y 15.000 m2; reservas forestales, destinadas principalmente a actividades de forestación y cuya superficie predial mínima era de 5 Há.; áreas agrícolas suburbana en reserva, correspondiente a aquellas zonas que no pueden destinarse a otro uso que no sea agrícola, y cuya superficie predial mínima era de 15 Há[2].; y áreas de uso especial, correspondiente a usos específicos de aeródromos, zonas militares, áreas de desarrollo turístico, patrimonial, etc.

Sin duda, la importancia de este instrumento de planificación radica en la generación de una estructura de subdivisión del suelo y conformación de un cinturón suburbano, al dictaminar límites, conteniendo y estructurando un crecimiento extensivo de la ciudad que se venía dando desde la Ley de Huertos Obreros y Familiares hacia el año 1941. Ello mediante, las restricciones que impuso a la subdivisión de predios que conformaban la periferia, siendo un espacio de transición urbano- rural, resguardando a su vez el desarrollo del área rural.

Posteriormente el desarrollo urbano como directriz de crecimiento, se ciñe a las sucesivas modificaciones que se le realizan al PRI[3], relativas a la redefinición del límite urbano, incorporando áreas que estaban sujetas a un desarrollo urbano condicionado por pertenecer al área suburbana, sumando de esta forma un extenso territorio, al área urbana de Santiago en su sector central. A su vez, se traspaso al área urbana, sectores que ya estaban consolidados en la década de los 60', por iniciativas públicas de vivienda de interés social, llamadas en ese entonces "Operaciones Sitios", tendientes a regularizar las tomas de terrenos, acciones de ocupación ilegal de terrenos por parte de grupos sociales organizados. Ello, constata una tendencia regularizadora por parte de los instrumentos de planificación y ordenamiento, de los procesos de consolidación urbana alcanzados en la periferia de Santiago.

El manejo de la densidad también constituye al igual que la fijación del límite urbano, un factor maleable que incide directamente en el proceso de desarrollo urbano en cuanto a la forma de ocupación del suelo. En este contexto, se agregan al Plan Regulador Intercomunal de Santiago nuevas áreas sujetas a disposiciones relativas a las Densidades Urbanas[4]. De esta forma incorpora como definición "*la densidad residencial bruta, corresponde a la de las áreas destinadas a vivienda, que incluyan además áreas destinadas a equipamiento y servicios relacionados directamente con ellas, los terrenos destinados a juegos infantiles, áreas verdes locales, calle de acceso y senderos peatonales*". Bajo dicho precepto modifica las condiciones de densidad a cumplir por todos los terrenos urbanos de la Intercomuna de Santiago, cuyo uso de suelo sea

[1] Promulgado por Decreto Supremo del Ministerio de Obras Públicas MOP N° 2.387 del 10 de noviembre de 1960 y publicado en el Diario Oficial el 27 de diciembre de 1960. Dicha atribución de planificación urbana, se traspasa posteriormente al Ministerio de la Vivienda, al momento de su creación el año 1976, por Ley N°16.391.

[2] Ello conforme a lo que establecía a Ley N° 7.747.

[3] Primera modificación al PRI: D.S N°669 de 1970, del 30 de octubre, mediante el cual el MOP modifica el Límite Urbano para Santiago.

[4] Segunda modificación: D.S. N° 378 de 1972, dictada el 14 de Julio.

habitacional y superficie sea igual o mayor a 5.000 m2; para lo cual establece una Densidad Residencial Bruta Mínima de 280 Hab/ Há, en extensión o en altura y una Densidad Residencial Bruta Máxima de 1.000 Hab/ Há. Uno de los impactos de la normativa sobre densificación urbana del instrumento de Planificación, tuvo como principal orientación el surgimiento de nuevos proyectos habitacionales, iniciándose un proceso de consolidación poblacional de vastos sectores, aumentando las densidades promedios de las comunas.

Al PRI, le sigue el nuevo Plan Regulador Metropolitano de Santiago, de octubre de 19945, que enuncia como uno de sus objetivos generales el "*mejorar la relación entre la ciudad y su entorno*", resguardando el medio ambiente, los niveles de habitabilidad y el conveniente crecimiento urbano; mediante orientaciones racionales y adecuadas, para que el crecimiento extensivo de la ciudad se suceda de acuerdo a mejores condiciones de habitabilidad, accesibilidad y dotación de equipamiento y servicios, logrando la consolidación de nuevas áreas que se integran al sistema metropolitano. Específicamente, respecto a la regulación de la periferia, se hace alusión a los propósitos de "*Dar mejor aprovechamiento a los terrenos que en el área definida por el Plan corresponda al área urbanizable, considerando su escasez, su acelerada ocupación de recurso agotable y no reproducible" y de "Entregar a las autoridades de las comunas periféricas la responsabilidad de la planificación de toda la parte urbanizable de su territorio comunal, de manera que la reformulación de sus nuevos planes reguladores aborde integralmente el territorio urbano y urbanizable*" (PRMS, 1994; 17,18).

Se acusa la necesidad de regular los procesos de transformación cuantitativa que ha sufrido el área metropolitana, así como también la pérdida creciente de la calidad de vida de sus habitantes, afectando en mayor nivel a los pobres urbanos. De esta forma los principales cambios en el territorio, se asocian a una nueva expresión física de la ciudad, por la pérdida de la actividad residencial y auge de las actividades de producción y servicios en las comunas centrales en contraposición de un acelerado proceso de poblamiento de la periferia de la ciudad, con insuficiencias de equipamiento, avanzando sobre territorios con destino agrícola y problemas de accesibilidad, conectividad urbana y congestión, producto de la "importancia desmesurada del automóvil".

En cuanto al ámbito territorial del citado instrumento, se identifican dos macro áreas; el área Urbana Metropolitana y el área Restringida o Excluida al Desarrollo Urbano. El Área Urbana Metropolitana se planifica para absorber el crecimiento de la población proyectado, distinguiéndose las áreas urbanizadas y urbanizables6, ambas delimitadas por el nuevo "Límite de Extensión Urbana7". La zonificación de dichas áreas corresponde a la identificación de zonas habitacionales mixtas, complementando las actividades residenciales, de equipamiento y de

[5] Promulgado según dictación de la Resolución N°20 del Consejo Regional Metropollitano, con posterior aprobación del Contralor General de la república, y final publicación en el D.O. del 4 de noviembre de 1994. El presente cuerpo legal reemplaza al Plan Regulador Intercomunal de Santiago (PRI) del año 1960.

[6] Se define en el PRMS, como área Urbanizadas, como aquel territorio que debe densificarse a través de proyectos de renovación y recuperación de zo-lnas urbanas. Y como área Urbanizable, como aquel territorio que circunda el suelo urbanizado y que cuenta con factibilidad de dotación de infraestructura de servicios, lo que permite acoger un mayor crecimiento de la población urbana, tanto en extensión como en densificación (PRMS, 1994; 41).

[7] El Límite de Extensión Urbana, corresponde a un corte que se produce entre el área urbana metropolitana y el área excluida para el desarrollo urbano(PRMS, 1994; 41).

carácter productivos. Así como también, identifica zonas de desarrollo industrial exclusivo, de equipamiento general y específico, de áreas verdes y servicios complementarios. El Área Restringida o Excluida al Desarrollo Urbano, corresponde al área en la cual está restringida la localización de actividades urbanas, por sus condiciones naturales de valor ecológico o por constituirse en un peligro potencial al asentamiento de actividades humanas.

En cuanto a la intensidad de ocupación del suelo urbano, se incorporan a las 34 comunas, las de San José de Maipo, Pirque y Calera de Tango, completándose el área de regulación por un conjunto de 37 comunas. De esta forma el Plan establece como áreas urbanizables 59.300 há, con un ritmo de ocupación anual promedio de 2.000 a 3.000 há; ante lo cual se proyecta para el año 2020 una población de 8.700.000 habitantes. Importante es considerar que para el adecuado asentamiento de la población, se planifica una estructura urbana a partir de la generación de nuevos centros o conjuntos de centros poblados para maximizar el crecimiento de la población en el área circundante de la ciudad de Santiago. De esta forma se limita el crecimiento en extensión, ante lo cual se concibe no sólo el área urbana como tal, sino el desarrollo del sistema de centros poblados de la Región Metropolitana. A esta misma lógica responde el planteamiento de generación de Subcentros de Equipamiento Metropolitano proyectando potenciales áreas de desarrollo que orienten las inversiones del sector público y privado. Ante ello se define una densidad bruta mínima de 150 hab/ há, para el área urbana y para el área urbanizable, densidades que fluctúan entre 10 hab/há a 600 hab/ há para las áreas urbanizables correspondientes a sectores oriente y poniente del anillo comunal periférico.

Finalmente, siguiendo con esta revisión cronológica de instrumentos o regulaciones urbanas que han afectado la conformación del cinturón suburbano; tenemos la última modificación registrada por el Plan Regulador Metropolitano[8], el que tuvo por objeto la incorporación de las comunas de Colina, Lampa y Til Til, provocando un mayor crecimiento expansivo de la periferia de la ciudad de Santiago. Los fundamentos que se explicitan en la Memoria Explicativa, relacionado a la planificación y regulación del desarrollo físico de la región Metropolitana, señala que "*...se estima necesario extender el Plan Metropolitano hacia el norte (comunas de Colina, Lampa y Tiltil)..., lo cual es lógico toda vez que estas comunas y las otras 37 que son reguladas por el Plan Metropolitano, por el nivel alcanzado en sus relaciones se han integrado, en un sistema urbano único*"[9]. Se da cuenta del acelerado crecimiento y desarrollo urbano que ha tenido esta intercomuna, siendo indispensable regular el orden de la localización de actividades productivas y normar usos del suelo, en consideración a las tendencias evidenciadas de un desarrollo territorial espontáneo hacia esa fecha.

[8] Aprobado por el Concejo Regional el 6 de octubre de 1994, y publicado en el D.O. el 4 de nov., del mismo año.

[9] Memoria Explicativa Modificación Plan Regulador Metropolitano de Santiago. Incorporación de las comunas de Colina, lampa y Til Til, 1994; pp4.

Tabla 5.2.- Cuadro de Superficie de Suelo Urbano PRMS 1994 – 2020.

Plan Intercomunal	Tipo de Áreas	Superficie parcial en Hás. PRMS 1994	Incorporación Provincia de Chacabuco Colina, Lampa, Tiltil.	TOTAL Superficie Hás
Area Intercomunal de Santiago	**Area Consolidada 1994.** (3).	**46.179**	**1.698**	**47.877**
	1.1. Area ocupada.	25.479	1.698	27.177
	Sitios eriazos (1).	5.700	-	5.700
	Area urbanizable (2).	15.000	-	15.000
Incorporación Provincia Chacabuco Colina, Lampa y Tiltil. Aprobación 29.10.97 al 23.04.99	**Area Expansión 1999 – 2020**	**13.121**	**16.924**	**30.045**
	2.1. Disponible según PRMS 1994 (4)	13.121	-	13.121
	2.2. Urbanizable desarrollo prioritario	-	2.947	2.947
	2.3. Urbanizable desarrollo condicionado (5)	-	4.107	4.107
	Actividades productivas (5).	-	1.930	1.930
	2.5. Area industrias exclusivas (5).	-	1.350	1.350
	2.6. Superficie con limitaciones calidad suelo y agentes naturales.	-	6.590	6.590
	TOTAL AÑO 2020	**59.300 100 %**	**18.622 31,40 %**	**77.922 131,40 %**

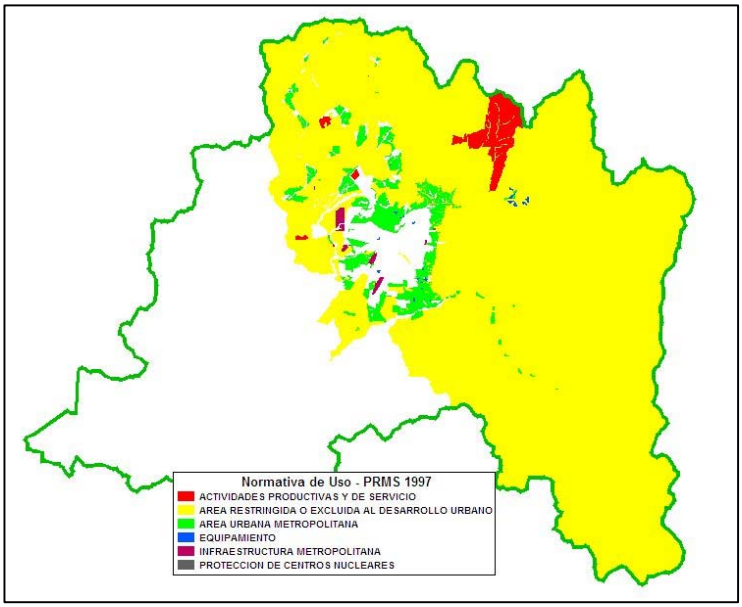
Fuente datos: Jaime Hoffmann, arquitecto. Monografía: "Suelo, Desarrollo Urbano y Vivienda en la Región Metropolitana de Santiago." Anexo Capítulo 5 Conclusiones Päg.75. Diplomado Regional de Asentamiento Humanos. Marzo – agosto 2000.

Fuentes: Antecedentes Seremi Metropolitano - MINVU y otras instituciones.

(1) Estudio del Servicio de Impuestos Internos año 1991.
(2) Area urbanizable con factibilidad técnica en infraestructura 1994 –2000. Estudio Universidad Católica para empresas privadas, año 1995.
(3) Memoria Explicativa Plan Regulador Metropolitano de Santiago, pág. 13, 1994.
(4) Estudio del PRMS 1994.
(5) Memoria actualizada del PRMS junio 1999, incorporación Provincia de Chacabuco, con área de extensión urbana de 18.622 hectáreas.

El Plan Intercomunal ha fijado una meta para el año 2020, con una población máxima de 8.700.000 habitantes.
Se propone una densidad media estimada de 150 hab./há.

Figura 5.3.- Normativa de usos de suelo, PRMS 1997



5.1.3.- Santiago de Chile en comparación con otras ciudades

Marcial Echenique [7], se permite comparar la superficie urbana de Santiago con la de ocho ciudades muy conocidas, entre ellas París y Nueva York. Los planos, a la misma escala, explican que las 70.183 ha cubiertas por el Gran Santiago y Chacabuco en 2002 están muy lejos de megalópolis tales como Nueva York (768.310 ha), Los Ángeles (509.130 ha) o Tokio (448.000 ha) y aun de ciudades apreciablemente más grandes como París (231.085 ha), Boston (230.820 ha), Sao Paulo (203.800 ha), Londres (157.829 ha) y varias otras. En realidad, la extensión de Santiago y la provincia de Chacabuco se parece ala de ciudades como Adelaida (87.047 ha), Vancouver (74.115 ha), Copenhague (59.928 ha) o Madrid (59.700 ha), ciudades que no destacan por su gran tamaño.

En 2002 la densidad en el Gran santiago era de 85,1 hab/ha, bastante mayor que el promedio de las 13 ciudades estadounidense (14,2 hab/ha), las siete canadiense (28,5 hab/ha) e incluso las 11 europeas (49,9 hab/ha) o, incluso Tokio (71 hab/ha). Es necesario llegar a las ciudades de países asiáticos en vías de desarrollo, las que promedian 166,4 hab/ha, para encontrar densidades apreciablemente mayores que las de Santiago.

Por supuesto, la densidad promedio de toda un área metropolitana inevitablemente esconde las variaciones. Si sólo se considera la ciudad central –aquella donde se localiza el principal distrito de negocios-, la densidad suele ser bastante mayor. Así, en la ciudad central de Nueva York viven 226,6 hab/ha y en la de París 179,7 hab/ha, bastante más que los 87,2 hab/ha en Santiago. Pero si bien estas densidades son muy altas, no son representativas: apenas el 2,9% de los neoyorquinos y el 3,9% de los parisinos.

5.2.- Resultados de la aplicación de la metodología

A continuación se presentan los resultados del desarrollo de cada una de las etapas de la metodología de trabajo.

5.2.1.- Etapa I.- Comportamiento locacional y migratorio de la población

5.2.1.1.- Nivel socioeconómico de la población

Luego del procesamiento de los censos de 1992 y 2001, en base a los criterios expuestos en la metodología, se obtuvieron los siguientes valores agregados para el área metropolitana

Tabla 5.3.- Hogares según estrato socioeconómico en la RM

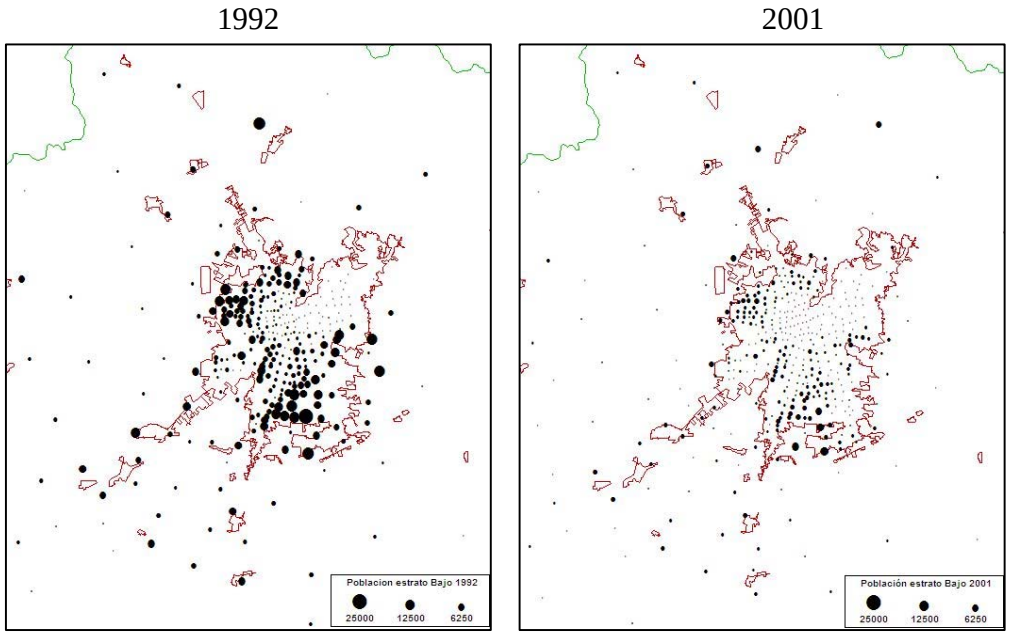
Estrato	Año 1992	%	Año 2002	%	Tasa anual %
Bajo	265.030	24	209.915	14	-2,1
Medio bajo	381.763	34	480.087	32	2,6
Medio	251.421	22	343.781	23	3,7
Medio alto	151.431	14	309.036	21	10,4
Alto	67.922	6	135.638	9	10,0
Total	**1.117.567**	**100**	**1.478.457**	**100**	

Fuente: Procesamiento base redatam INE censos 1992 y 2001

Respecto de la estratificación socioeconómica de los hogares, se aprecia un leve corrimiento en donde disminuye el estrato más bajo, y aumentan todo el resto. Lo que si se puede recalcar es el aumento significativamente mayor que tienen los estratos mayores versus el aumento de los estratos medios. Independientemente de los corrimientos antes mencionados, se llega al año 2002 con una estructura tradicional del 10% de estratos más altos, un 13% de estratos más bajos, y el resto repartido en clase media.

La localización espacial de los hogares por distrito y estrato socioeconómico se aprecia en las siguientes figuras.

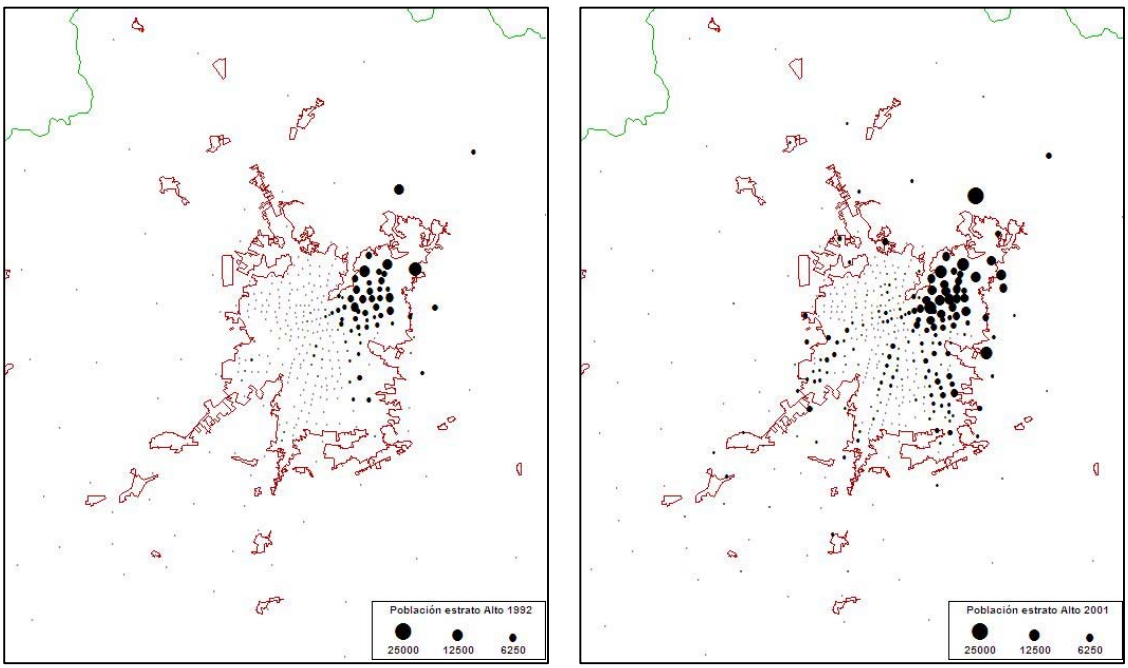
Figura 5.4.- Total de estratos bajos por distrito y año



Fuente: elaboración propia

Figura 5.5.- Total de estratos Altos por distrito y año

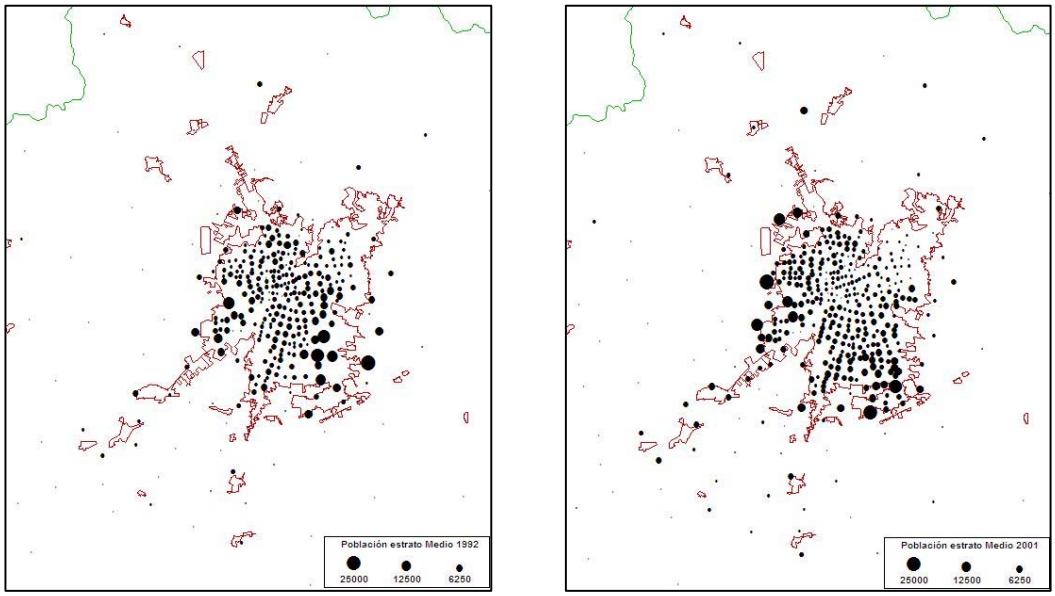
1992 2001



Fuente: elaboración propia

Figura 5.6.- Total de estratos Medios por distrito y año

1992 2001



Fuente: elaboración propia

En las figuras se aprecian en tamaños comparables, el total de población para los estratos bajo, medio y alto, en los años 1992 y 2001. De las figuras se aprecia que la ciudad de Santiago presenta el típico patrón de segregación espacial de ciudades latinoamericanas, en donde se aprecia una cuña de estratos altos que llega hasta el centro, una periferia de estrato bajos que no llegan al centro, y las concentraciones de estratos medios que copan las áreas centrales y las periferias de mayor población total. También de las figuras se aprecia efectivamente una disminución de estratos bajos, y un aumento de estratos Medios y Altos. El patrón de localización espacial de los estratos bajos y medios no varía en el período intercensal, cambiando solo las magnitudes ya sea en aumento (estrato medio), o disminuyendo (estrato bajo). El estrato alto muestra un incipiente cambio de patrón espacial hacia sectores "no tradicionales". Este resultado es coherente con la propuesta de Sabatini respecto de un cambio en la escala de la segregación en Santiago.

5.2.1.2.- Unidad de análisis y Migración de hogares

Como se describiera en la metodología, los censos de los años 1992 y 2001 se procesaron da tal forma de obtener matrices de movilidad residencial a nivel de distritos censales.

A continuación se muestra parte de una matriz de movilidad residencial, en donde las columnas son las comunas donde la población vivía hace 5 años atrás, y las filas son los distritos actuales cuya población total es la suma por fila.

Tabla 5.4.- Extracto matriz de movilidad residencial

Código	Nombre de Distrito	SANTIAGO	INDEPENDENCI	CONCHALÍ	HUECHURAB	RECOLET	PROVIDENCI	VITACURA
13160501	Huel,n	86	0	4	0	1	1	0
13160502	Moneda	100	0	2	0	0	2	0
13160503	Amun tegui	91	0	4	0	2	0	0
13160504	Brasil	371	1	12	0	1	3	4
13160505	Chacabuco	511	2	14	0	1	6	2
13160506	Portales	460	0	4	0	0	4	1
13160507	Matucana	509	0	6	0	3	7	0
13160508	San Saturnino	723	0	13	0	1	3	1
13160509	Mapocho	738	0	19	0	3	3	3
13160510	Vicuña Mackenna	170	0	4	0	2	0	0
13160511	San Isidro	348	0	2	0	0	2	0
13160512	Universidad	244	0	10	0	0	3	0
13160513	Almagro	170	2	1	0	2	2	0
13160514	Porvenir	175	2	8	0	0	4	0
13160515	San Diego	738	2	11	0	2	5	0
13160516	Santa Elena	407	2	5	0	0	9	0
13160517	Carmen	693	1	6	1	0	5	0

Fuente: elaboración propia

Con estas matrices calculadas por distrito, por estrato, y por año se calcularon los patrones de inmigración, es decir, desde donde viene la población. Para esto fue necesario previamente clasificar las distintas comunas, para conformar cuatro territorios de análisis. Estos territorios son:

a) El núcleo central: compuesto por la comuna centro, y su primer anillo de acomunas adyacentes.

b) La periferia consolidada: compuesto por las comunas adyacentes al núcleo, y totalmente urbanizada

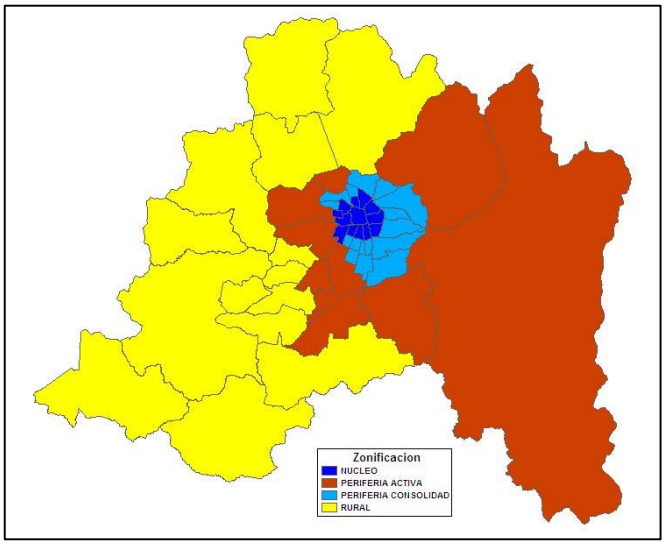
c) La periferia activa: compuesta por las comunas de borde, en las cuales aún existen zonas no urbanizadas.

d) La zona rural: compuesta por las comunas rurales con algunos emplazamiento urbano, pero que proporcionalmente no le quitan aun el carácter de comuna rural.

Todas las zonas definidas corresponden a distintas contigüidades entorno al núcleo, situación que posteriormente servirá para verificar la hipótesis.

A continuación se presenta una figura que da cuenta de todas las zonas definidas.

Figura 5.7.- Zonificación considerada para el análisis migratorio



Fuente:elaboración propia

A continuación se muestran los valores totales de la región por estrato y año.

Tabla 5.5.- Resumen de movimientos migratorios para el período 1987-1992

	Población	Vivia en	Llega desde					
Estrato	Total 1992	la misma zona	Nucleo	Periferia consolidada	Periferia activa	Rural	Region Metropolitana	Resto del país
Bajo	**1.189.852**	**844.102**	45.163	66.746	22.799	7.342	**142.050**	**203.700**
Medio bajo	**2.038.627**	**1.339.964**	121.707	143.362	44.022	10.014	**319.105**	**379.558**
Medio	**1.099.626**	**676.960**	96.766	83.715	24.233	5.270	**209.984**	**212.682**
Medio alto	**591.504**	**341.245**	61.664	47.057	10.659	2.360	**121.740**	**128.519**
Alto	**269.989**	**150.520**	25.813	26.274	3.345	1.002	**56.434**	**63.035**
		%	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**
Bajo	**100**	**71**	4	6	2	1	**12**	**17**
Medio bajo	**100**	**66**	6	7	2	0	**16**	**19**
Medio	**100**	**62**	9	8	2	0	**19**	**19**
Medio alto	**100**	**58**	10	8	2	0	**21**	**22**
Alto	**100**	**56**	10	10	1	0	**21**	**23**

Fuente: elaboración propia

En la tabla se aprecia primero el total de población de la región, por estrato, para el año 1992. A continuación se indica, de ese total, cuantos vivían en su mismo distrito 5 años atrás. A continuación se indican desde donde llegan, los que llegan desde la región metropolitana. Finalmente se indican cuantos habitantes llegan desde otras regiones y el extranjero. Abajo, todo lo anterior se expresa en porcentajes.

De los valores se aprecia el alto porcentaje de inmigración de estratos altos, alcanzando un 44%. Para el estrato medio ya baja a un 38%, para finalizar en el bajo solo con un 29%. De las cifras llama la atención, que para este año, la inmigraciones proveniente de otras regiones sea igual, y un poco mayor, que la inmigración proveniente de la misma región. Esto habla de un fenómeno de urbanización centrípeta a nivel nacional.

En la inmigración proveniente de la misma región, predomina el núcleo y la periferia consolidada, aportando un bajo porcentaje las zonas rurales. Este comportamiento se da en todos los estratos por igual, pero aumentando la magnitud hacia los estratos altos.

Para el año 2001, se tiene la siguiente tabla

Tabla 5.6.- Resumen de movimientos migratorios para el período 1997-2001

	Población	Vivia en	Llega desde					
Estrato	Total 2001	la misma zona	Nucleo	Periferia consolidada	Periferia activa	Rural	Region Metropolitana	Resto del país
Bajo	**496.564**	**405.441**	14.334	23.156	9.438	4.182	**51.110**	**40.013**
Medio bajo	**1.914.235**	**1.535.069**	77.848	109.198	43.120	11.731	**241.897**	**137.269**
Medio	**1.403.656**	**1.075.885**	80.784	96.996	37.502	8.272	**223.554**	**104.217**
Medio alto	**1.065.660**	**756.945**	87.369	86.408	32.164	6.194	**212.135**	**96.580**
Alto	**630.156**	**421.316**	55.407	62.571	16.681	2.962	**137.621**	**71.219**
		%	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**
Bajo	**100**	**82**	3	5	2	1	**10**	**8**
Medio bajo	**100**	**80**	4	6	2	1	**13**	**7**
Medio	**100**	**77**	6	7	3	1	**16**	**7**
Medio alto	**100**	**71**	8	8	3	1	**20**	**9**
Alto	**100**	**67**	9	10	3	0	**22**	**11**

Fuente. Elaboración propia

Para el período 1997-2001 se aprecia que todos estratos aumentan el porcentajes de permanencia en el distrito. Siempre el estrato que más se mueve es el estrato alto, con un porcentaje significativo del 23%. Para este período pierde fuerza la inmigración del resto del país, con respecto a la inmigración regional, pero aun mantiene un porcentaje significativo. De hecho es mayor que el mayor origen intraregional.

Dentro de la inmigración regional, pierde algunos puntos el núcleo, los que son ganados por la periferia activa. La periferia consolidad mantiene relativamente su porcentaje, el cual ahora es mayoritario. La zona rural sigue con bajo porcentaje.

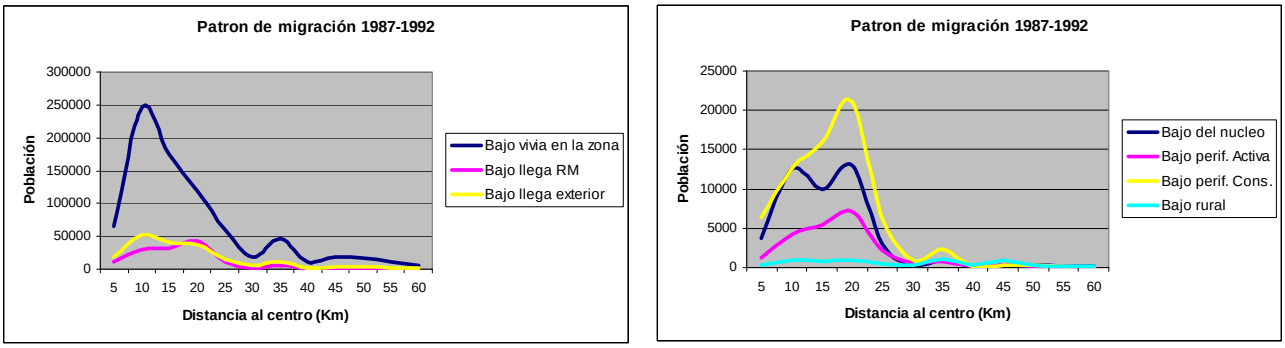
De los valores se puede visualizar el comportamiento aun significativo de urbanización centrípeta a nivel regional, y el comienzo tenue de un proceso centrifugo, en donde ya el núcleo pierde peso relativo como generador de migrantes, y pasa a la periferia consolidada, activándose en mucho menor nivel la periferia activa.

Con la necesidad de especializar la inmigración, se recurre al centro de la ciudad como un punto ordenador, y que permite analizar cual es la elección de los distintos inmigrantes, es decir, adonde llegan.

A continuación se muestran dos graficas, en las cuales el número de inmigrantes por tipo que llega a distintas distancias entorno al centro. La primera grafica muestra la localización de los habitantes existentes y los inmigrantes, para en la segunda grafica mostrar el patrón espacial de los inmigrantes de la región, según su zona de origen.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para el período 1987-1992. Por el hecho de tener mucha información, sólo se mostraran tres estratos que den cuenta de patrones más disímiles (bajo, medio, y alto).

Figura 5.8.- Patrón espacial de migración para el estrato Bajo, período 1987-1992



Fuente: elaboración propia

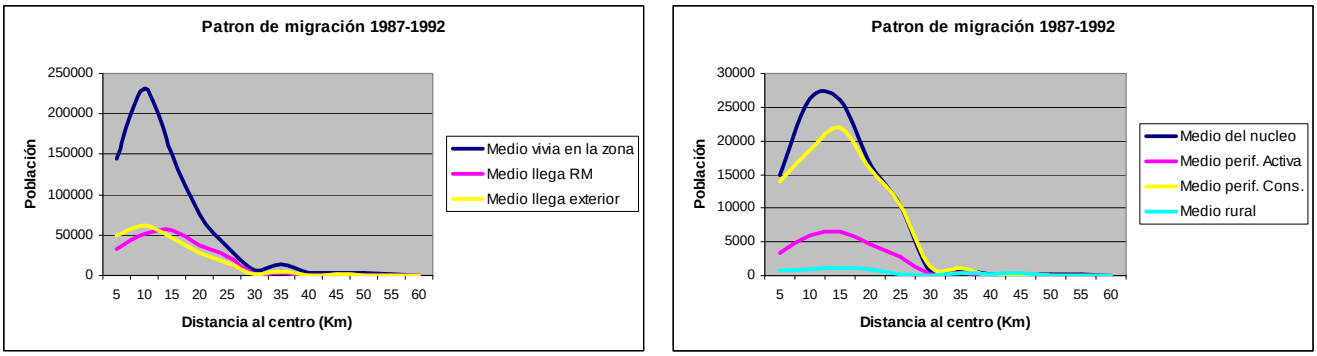
Para el estrato bajo, y el período 1987-1992, se observa que los inmigrantes siguen el mismo patrón espacial de los habitantes que vivían en la zona (primera grafica). Se puede aprecia una pequeña diferencia entre los inmigrantes de la RM, y los de otras regiones, en el sentido que los

inmigrantes de la RM se localizan hacia distancias mayores, que la tendencia de los inmigrantes de regiones.

Al analizar la localización de inmigrantes provenientes de la RM, se aprecia un patrón común de los máximos del orden de los 20 Km. El gran límite de la ciudad se ve a los 30 Km, en donde solo los inmigrantes de la periferia consolidad llegan de modo significativo a los 35 Km. Los inmigrantes de estrato bajo muestran un patrón invariante con la distancia al centro, es decir, de distribución homogénea.

En este punto es necesario recordar que el estrato bajo finalmente fue localizado por las políticas de vivienda social, en las periferias de la ciudad, no siendo una elección por parte de ellos.

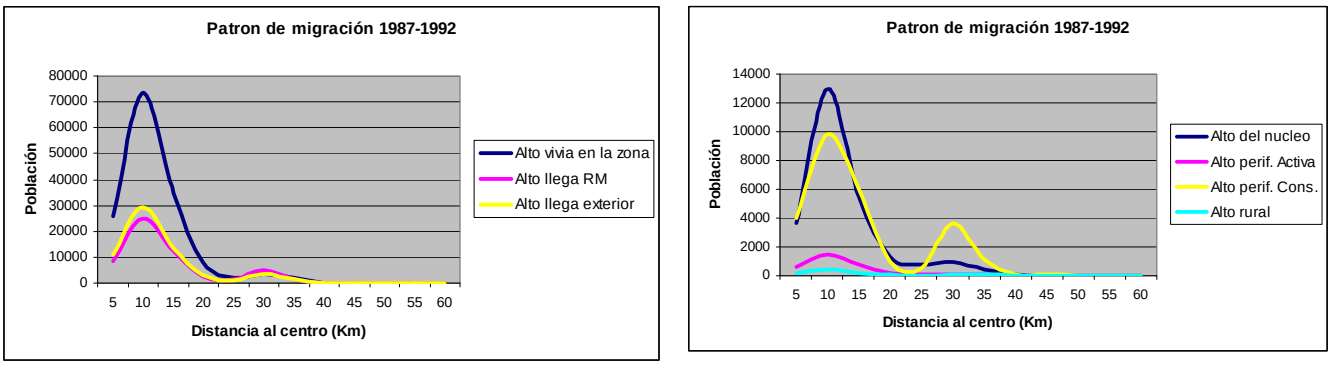
Figura 5.9.- Patrón espacial de migración para el estrato Medio, período 1987-1992



Fuente: elaboración propia

Para el mismo período, el estrato medio presenta un patrón espacial muy similar al estrato bajo, en el sentido que los inmigrantes siguen el patrón locacional de los ya existentes, y que los inmigrantes de la RM también encentran su límite a los 30Km, siguiente un comportamiento similar entre ellos.

Figura 5.10.- Patrón espacial de migración para el estrato Alto, período 1987-1992



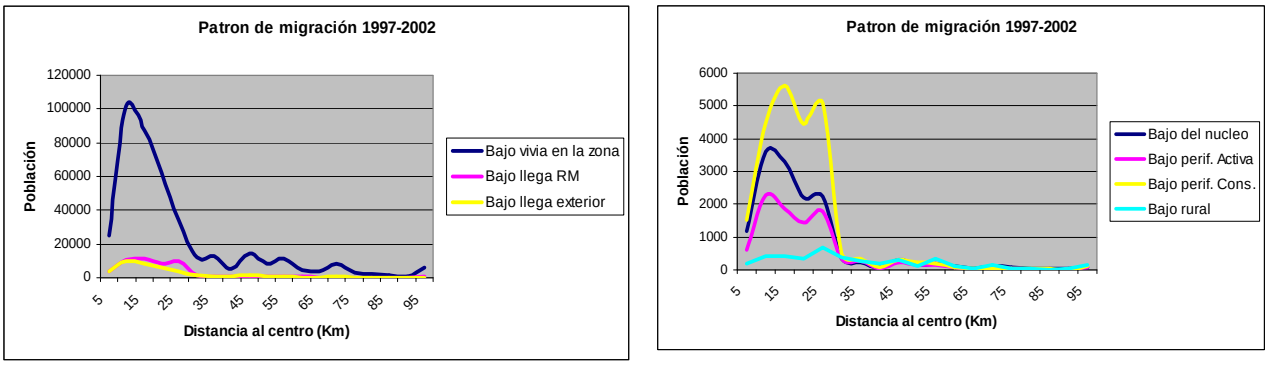
Fuente: elaboración propia

Para el estrato alto se aprecia que también sigue la tendencia de los existentes, pero se aprecia un aumento bajo, pero identificable, de locación de inmigrantes y residentes en los 30Km, donde para los estratos anteriores se limitaba la ciudad.

Ahora, dentro de los inmigrantes de la RM, son los que provienen de la periferia consolidad los que principalmente generan ese aumento de población. Los inmigrantes del núcleo, aportan en menor grado, y en forma más homogénea.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para el período 1997-2002.

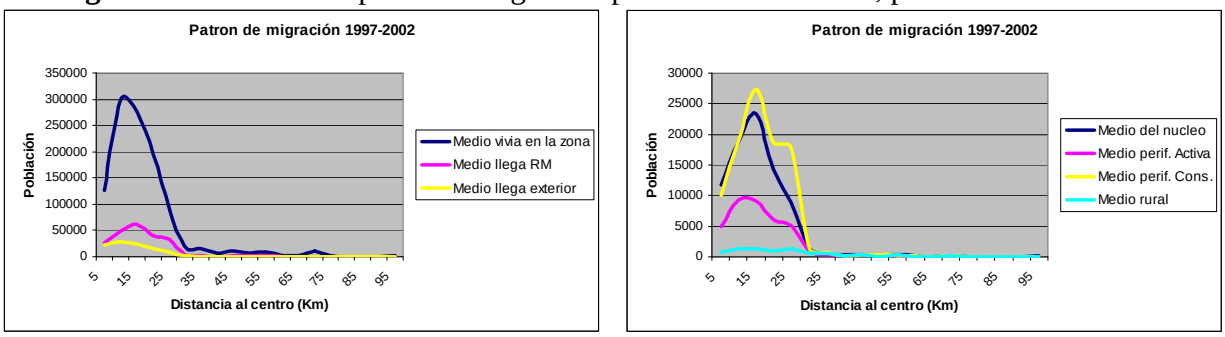
Figura 5.11.- Patrón espacial de migración para el estrato Bajo, período 1997-2001



Fuente: elaboración propia

Para este período 1997-2002, el número de inmigrantes de estrato bajo es significativamente menor, como se aprecia en la figura. El patrón de inmigrante de la RM, presente un acercamiento al centro, para todos los tipos. Los inmigrantes rurales siguen con un patrón invariante a la distancia al centro.

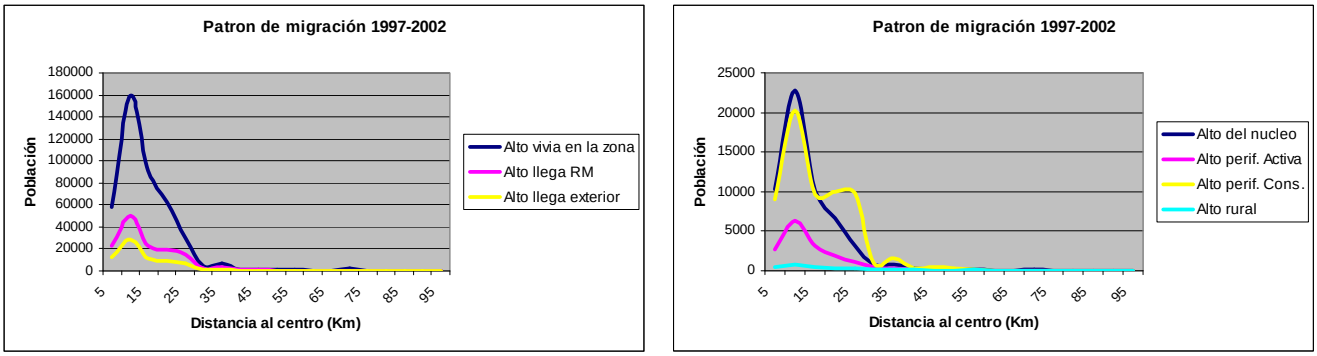
Figura 5.12.- Patrón espacial de migración para el estrato Medio, período 1997-2001



Fuente: elaboración propia

El estrato medio inmigrante, presenta un patrón espacial similar al del habitante existente. Los mismo ocurre con el inmigrante de la RM, en los que solo se diferencia los provenientes de la periferia consolidada entre los 30 y 35Km.

Figura 5.13.- Patrón espacial de migración para el estrato Alto, período 1997-2001



Fuente: elaboración propia

Los inmigrantes de estrato alto se comportan de la misma forma de los existentes. Los inmigrantes de la RM, también presentan un patrón igual entre ellos, pero, al igual que el caso anterior, se diferencia los provenientes de la periferia consolidad hasta los 35Km. La singularidad después de dicha distancia es bastante menor, aunque igual reconocible.

Finalmente, los patrones locacionales de los inmigrantes muestran bastante regularidad con los patrones de los habitantes existentes, para ambos años, y para todos los estratos. Ahora falta verificar la territorialidad de esta distribución, lo que conforma finalmente las variables finales de esta etapa de análisis.

5.2.1.3.- Variables finales

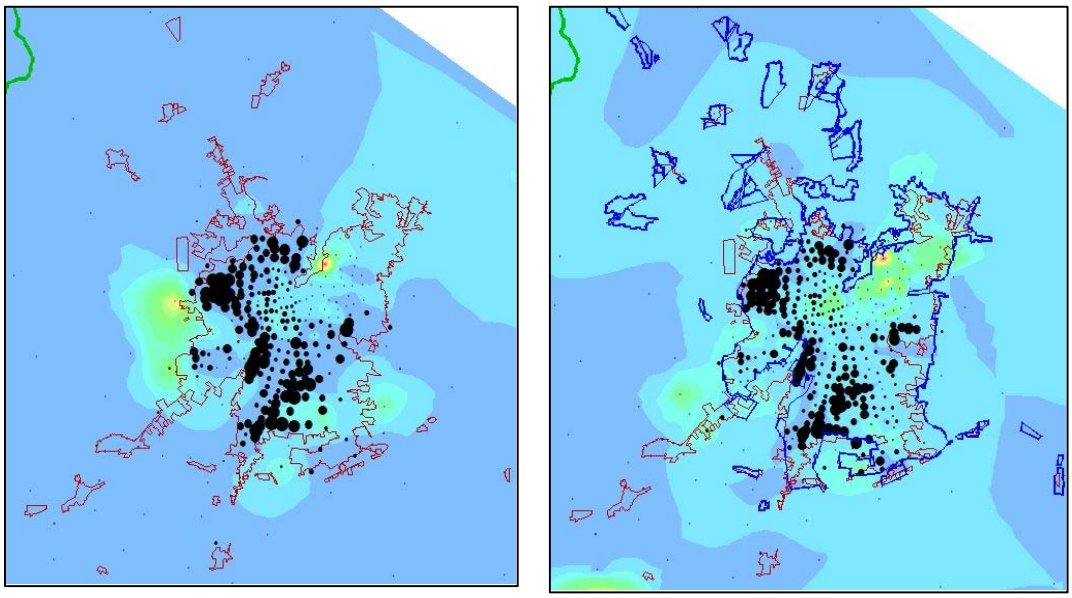
Las variables finales de la etapa de caracterización del patrón locacional y migratorio de la población son tres, la población total por distrito, la densidad del mismo distrito, y la tasa de inmigración por distrito. Estas variables se calculan por estrato y por año.

A continuación se presentan unas figuras (por año, y para el estrato bajo, medio, y alto), en donde se muestran dos de las tres variables definidas, que son la densidad y la tasa de inmigración. La densidad esta tematizada por círculos de distintos tamaños, que dan cuenta de su valor (a mayor circulo mayor densidad). La tasa de inmigración se interpoló, y se presenta como una carta temática, en donde los calores más claros dan cuenta de zonas de mayor tasa de inmigración (los colores rojos son los de mayor tasa de inmigración).

Adicionalmente se incorporó a la cartografía el limite urbano construido (línea de color rojo) para el año 1992, y limite urbano construido y normado (línea de color azul) para el año 2002 (dado que a ese año ya estaba vigente).

Figura 5.14.- Densidad y tasa de migración del estrato Bajo, para los años 1992 y 2001

1992 2001

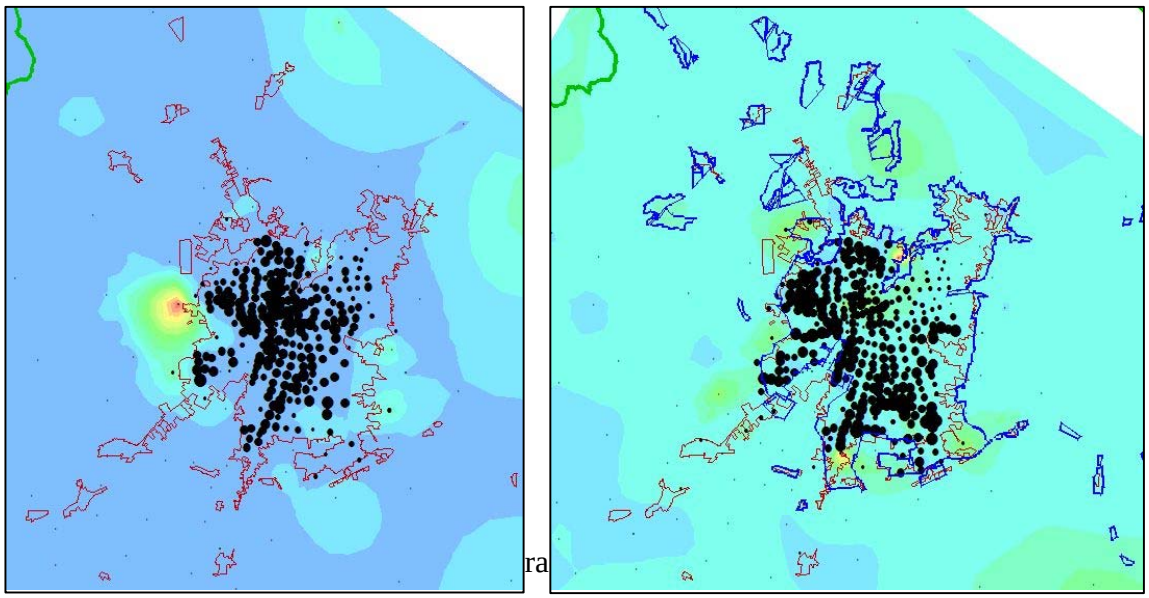


Fuente: elaboración propia

Para el estrato bajo, las mayores densidades en general no cambian su patrón de localización entre el año 1992 y el 2002. Respecto a las tasas de inmigración, estas si cambien sus puntos máximos, pero en general se encuentran o en el área urbana, o inmediatamente contigua a ella.

Figura 5.15.- Densidad y tasa de migración del estrato Medio, para los años 1992 y 2001

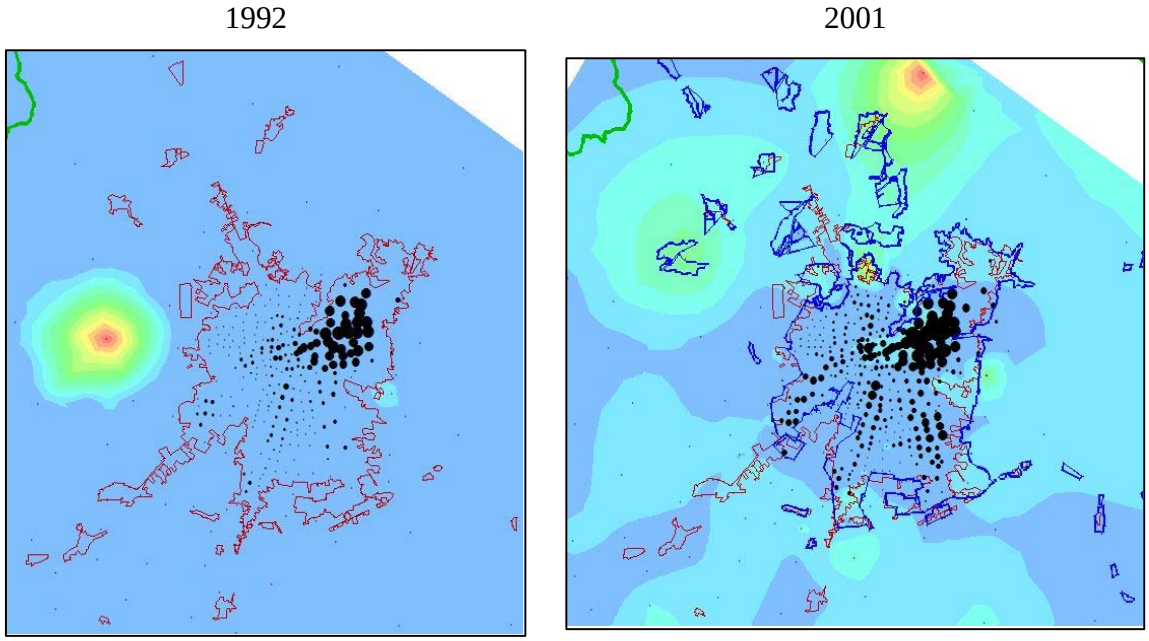
1992 2001



ra

Respecto del estrato medio, las densidades pasan de una concentración central el año 1992, a una relativa dispersión en el año 2002. A su vez, los puntos de mayores tasas de inmigración, pasan de uno de alto valor en 1992, a varios puntos de menor escala en 2002, pero en zonas externas del límite urbano consolidado.

Figura 5.16.- Densidad y tasa de migración del estrato Alto, para los años 1992 y 2001



Fuente: elaboración propia

Finalmente el estrato alto presenta densidades altamente concentradas el año 1992, y una leve dispersión de las mismas para el año 2002, pero siempre mostrando concentraciones significativas en una zona determinada. El comportamiento de las tasa de inmigración denotan un fenómeno de dispersión del área urbana consolidada, Así en 1992 se aprecia un núcleo de alta tasa al poniente de la ciudad, este núcleo cambia hacia el norte, para el año 2002. Además se identifica un núcleo menor al norponiente de la ciudad.

El producto de esta etapa es información, estructurada en indicadores específicos en tiempo y espacio, por nivel socioeconómico, para finalmente ser la variable a explicar por parte de esta investigación.

5.2.2.- Etapa II.- Probabilidad funcional del territorio.

Por análisis funcional se debe entender del como funciona la ciudad, al satisfacer las necesidades de la población, y del como dicho población usa la ciudad. Es el viaje el elemento que resulta tanto de los servidores en la ciudad (usos), como de los servidos (población).

A continuación se muestran los resultados intermedios y finales de esta etapa, que tiene por objetivo caracterizar el patrón de movilidad funcional para los estratos analizados.

5.2.2.1.- Característica de la interacción.

El tradicional enfoque de transporte esta fuertemente orientado a caracterizar el viaje y su modo, ya que son estos elementos los que permiten dimensionar la infraestructura necesaria para satisfacer dicha demanda espacial.

El concepto de interacción tiene una connotación más urbana, pues la interacción es entre actividades en la ciudad, y además entre zonas espaciales. Entonces, lo interesante en este punto es caracterizar la interacción.

A continuación se muestra la partición modal de las interacciones en la región metropolitana de Santiago, para los años analizados.

Tabla 5.7.- Partición modal de viajes, para los años 1991 y 2001

	1991		2001		
Modo	**Viajes**	**%**	**Viajes**	**%**	**Variacion %**
Caminata - bicic	2.284.063	27	5.820.574	39	**11**
Auto particular	1.338.645	16	3.797.095	25	**9**
Taxi - taxicolec	217.530	3	529.346	4	**1**
Bus - taxibus	4.007.568	48	3.940.909	26	**-22**
Metro - tren	351.394	4	419.296	3	**-1**
Otro especifico	167.331	2	513.798	3	**1**
Total	**8.366.531**	**100**	**15.021.017**	**100**	

Fuente: EOD 1991, y 2001

Como se observa, el total de interacciones aumenta en 6.654.486 de viajes en el período analizado, lo que corresponde a un crecimiento porcentual anual promedio de 7,95% (respecto del total 1991), porcentaje significativamente alto, muy superior a la tasa de crecimiento poblacional anual de la región (1,1%). Lo anterior da cuenta del aumento relativo del nivel socioeconómico de la población en general.

Analizando el modo de transporte elegido para las interacciones se aprecia la predominancia de transporte público (bus, taxi, metro con un 55%) el año 1991, situación que cambia el año 2001, pues pasa a segundo lugar (con un 33%). Respecto del modo no motorizado (caminata y bicicleta) se aprecia un aumento significativo, que lo lleva de un segundo lugar en 1991, a un primer lugar (relativo) el año 2001. Finalmente el modo auto particular se mantiene siempre en un tercer lugar.

Analizando la evolución 1991-2001, se aprecia que si bien todas las cantidades absolutas suben (o se mantienen relativamente constantes como el modo bus-taxibus), se puede apreciar que la participación relativa del modo bus y metro diminuye significativamente, en contraste al modo caminata que es el que proporcionalmente más aumenta. El modo privado también aumenta, pero menos que la caminata.

Lo anterior da cuenta de dos situaciones a analizar a lo largo de esta etapa. La primera tiene que ver con el aumento del modo caminata, lo que se puede interpretar desde el punto de vista del cambio al modo menos costoso por restricciones económicas, pero también por un acercamiento de los potenciales destinos. A lo largo de este punto se dilucidara esta situación,

La segunda situación se refiere al modo auto particular, lo que se puede entender por el relativo aumento del nivel socieconómico de la población, y por ende el mayor acceso al mercado de los vehículo usados (denominados semi-nuevos). O también se podría asociar a la disminución de los costos de este modo (combustible, mantención, etc). Esta situación no se analizará en este documento.

En todo caso, se puede concluir que la estructura de la partición modal de las interacciones cambian de manera estructural en el período analizado, desde una estructura primada al transporte público, hacia una estructura más homogénea entre los modos.

Respecto del para que se interactúa, que en la jerga del transporte corresponde al propósito, se tiene la siguiente tabla.

Tabla 5.8.- Partición por propósitos de los viajes, para los años 1992 y 2001

	1991		2001		
Proposito	**Viajes**	**%**	**Viajes**	**%**	**Variacion %**
Al estudio	2.720.457	33	3.168.083	21	**-11**
Al trabajo	3.481.094	42	4.135.473	28	**-14**
Compras y tramites	1.504.803	18	4.556.111	30	**12**
De salud	212.892	3	554.742	4	**1**
Social	447.285	5	2.606.608	17	**12**
Total	**8.366.531**	**100**	**15.021.017**	**100**	

Fuente: EOD 1991, 2001

En los valores se aprecia nuevamente un cambio estructural en los propósitos. Nuevamente hay que aclarar que si bien todas las cifras absolutas aumentan, las proporciones cambian, haciendo que los tradicionales propósitos que han sido preocupación de la ingeniería de transporte como son el trabajo y el estudio, pierdan primacía, en relación a las compras y tramites, y al propósito social.

Si es necesario aclarar con son los propósitos trabajo y estudio los que seguirán en el interés de la ingeniería de transporte debidos a que estos se concentran en períodos específicos a lo largo del día, por lo que estresan el sistema de infraestructura de desplazamiento. No ocurre lo mismo con los restantes propósitos, pues estos se desarrollan a lo largo del día.

Al igual que en análisis modal, se aprecia un cambio de una estructura primada, a una estructura más homogénea respecto de los propósitos.

Finalmente, para aclarar la pregunta de quienes son los que viajan, se presentan la siguiente tabla.

Tabla 5.9.- Partición por estrato socioeconómico de viajes, para los años 1992 y 2001

	1991		2001		
Estrato	**Viajes**	**%**	**Viajes**	**%**	**Variacion %**
Alto	634.641	8	1.183.001	8	**0**
Medio alto	1.188.834	14	3.154.188	21	**7**
Medio	2.717.335	32	3.596.914	24	**-9**
Medio bajo	2.225.712	27	5.031.888	33	**7**
Bajo	1.600.010	19	2.055.027	14	**-5**
Total	**8.366.531**	**100**	**15.021.017**	**100**	

Fuente: EOD 1991, 2001

De la tabla se aprecia que nuevamente todas las cifras absolutas aumentan. La partición por nivel socioeconómico de los viajes sufre una homogeneización menor, ya que el año 1991 no se aprecia grandes primacías. En definitiva hay un cambio en la partición de los estratos medios, manteniéndose relativamente constantes los extremos.

Patrón de Movilidad funcional-modal

El interés de la presente investigación es el análisis como funciona la ciudad, en la satisfacción de distintas necesidades. Entonces el enfoque de análisis necesariamente es desde el punto de vista del usuario de la ciudad, es decir, y en este caso, la población por nivel socioeconómico. Solo así se entenderá el patrón de movilidad diaria de la población.

Por lo anterior, es que la respuesta a buscar en este punto es saber a que viaja la población, y en que modo lo hace.

Tabla 5.10.- Partición por estrato y propósito de viaje, para los años 1992 y 2001

	Bajo			Medio bajo			Medio			Medio alto			Alto		
Proposito	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**
Al estudio	36	22	**-14**	33	22	**-11**	32	20	**-12**	30	19	**-11**	30	24	**-6**
Al trabajo	36	16	**-20**	42	25	**-17**	44	32	**-11**	44	34	**-10**	44	29	**-15**
Compras y tramites	20	37	**18**	18	32	**14**	17	29	**12**	18	27	**8**	18	24	**6**
De salud	3	6	**2**	3	4	**1**	2	3	**1**	2	3	**1**	2	3	**2**
Social	5	19	**14**	5	17	**13**	5	16	**10**	6	18	**12**	7	20	**13**
	100	100		100	100		100	100		100	100		100	100	

Fuente: elaboración propia

En la tabla se presenta la partición de propósitos que tienen los distintos estratos socioeconómicos analizados. En general, de los resultados se aprecia una partición común a todos los estratos, y una evolución de la misma también común. Es decir, todos los estratos presentan una mayor proporción de trabajo, luego estudio y finalmente compras, el año 1991.

Hacia el año 2001 todos tiende a homogeneizar esta situación, disminuyendo la participación del trabajo y estudios, y aumentando compras y social.

Si se puede decir que los mayores aumentos en el propósito compras se dan en los estratos medios y bajo, en relación al aumento de los medio altos. En el propósito social, existe un comportamiento común en todos los estratos.

Para analizar el como viajan los estratos se presenta la siguiente tabla

Tabla 5.11.- Partición por estrato y modo de viaje, para los años 1992 y 2001

	Bajo			Medio bajo			Medio			Medio alto			Alto		
Modo	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**
Caminata - bicicleta	40	53	**13**	31	44	**13**	23	34	**11**	13	25	**12**	8	17	**9**
Auto particular	2	7	**5**	5	11	**6**	13	20	**7**	38	36	**-2**	61	58	**-3**
Taxi - taxicolectivo	2	4	**2**	2	4	**2**	3	4	**2**	4	4	**1**	2	4	**1**
Bus - taxibus	51	31	**-20**	55	34	**-21**	51	34	**-17**	33	25	**-8**	15	12	**-3**
Metro - tren	2	1	**-1**	3	2	**-1**	5	4	**-1**	7	5	**-1**	5	5	**0**
Otro específico	3	3	**0**	4	5	**1**	5	4	**-1**	6	5	**-1**	8	4	**-4**
	100	100		100	100		100	100		100	100		100	100	

Fuente: elaboración propia

De la tabla se aprecia que los estratos bajo, medio bajo y medio, presente un comportamiento muy similar al total de viajes, en el sentido de la disminución significativa del modo bus, el aumento de la caminata y bicicleta, y en menor grado del auto particular.

Los estratos medio alto y alto, son casi invariantes al transporte público, pero disminuyen, eso si que no en gran porcentaje, el auto particular, a favor de la caminata.

A pesar de tener un comportamiento similar los estratos al total de la RM, es necesario reconocer que las estructuras de partición modal son primadas el año 1991, y siguen primadas el año 2001, en las disponibilidades propias de cada uno de ellos (medios y bajos en transporte público, altos en auto particular).

Si bien al análisis hasta ahora ha sido aislado, lo que interesa es ver la integración de las dimensiones propósito-modo para cada estrato, y así ir conformando un patrón de funcionalidad más claro. A continuación se presentan solo los resultados para tres estratos, dado que la cantidad de información es significativa. Los estratos elegidos son bajo, medio y alto. La información de los estratos restantes están en anexos.

Tabla 5.12.- Partición por modo y propósito de viajes, para el estrato Bajo

	Al estudio			Al trabajo			Compras y tramites			De salud			Social		
Bajo	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**
Caminata - bicicleta	54	48	**-6**	21	32	**11**	52	64	**11**	24	37	**13**	44	63	**19**
Auto particular	1	6	**5**	4	10	**6**	2	6	**4**	3	6	**3**	4	8	**4**
Taxi - taxicolectivo	0	1	**1**	2	3	**1**	3	6	**3**	7	11	**4**	3	3	**1**
Bus - taxibus	38	33	**-5**	68	51	**-17**	41	23	**-18**	64	44	**-20**	47	23	**-25**
Metro - tren	1	1	**0**	2	1	**-1**	2	1	**0**	2	1	**-1**	1	1	**0**
Otro específico	6	10	**4**	3	3	**1**	1	0	**0**	1	1	**0**	1	3	**2**
	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0

Fuente: elaboración propia

Para el estrato bajo se aprecia una primacía de la caminata y luego el transporte público para los propósitos estudio, compras y social. Para el propósito trabajo y salud, la privación es transporte público.

Tabla 5.13.- Partición por modo y propósito de viajes, para el estrato Medio

	Al estudio			Al trabajo			Compras y tramites			De salud			Social		
Medio	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**
Caminata - bicicleta	31	30	**-1**	11	15	**4**	36	51	**15**	12	13	**1**	29	50	**21**
Auto particular	6	13	**8**	17	25	**8**	14	18	**4**	11	16	**4**	20	22	**1**
Taxi - taxicolectivo	1	3	**2**	3	5	**2**	5	5	**0**	7	12	**4**	4	3	**-1**
Bus - taxibus	45	36	**-9**	61	47	**-13**	39	22	**-17**	61	53	**-9**	41	21	**-20**
Metro - tren	5	4	**-1**	5	4	**-1**	4	3	**-1**	8	5	**-2**	4	3	**-1**
Otro específico	12	14	**2**	3	4	**1**	1	1	**-1**	0	2	**1**	1	2	**0**
	100	100		100	100		100	100		100	100		100	100	

Fuente: elaboración propia

El estrato medio presenta un comportamiento en parte similar al estrato bajo respecto de la privación en transporte público, pero aparece significativamente el modo auto particular, en todos los propósitos, pero con mayor fuerza en los propósitos social, trabajo y compras.

Finalmente para el estrato alto se tienen los siguientes resultados

Tabla 5.14.- Partición por modo y propósito de viaje, para el estrato Alto

	Al estudio			Al trabajo			Compras y tramites			De salud			Social		
Alto	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**	1991 (%)	2001 (%)	**Dif %**
Caminata - bicicleta	10	14	**4**	3	9	**5**	17	23	**7**	5	8	**3**	11	28	**18**
Auto particular	38	53	**15**	75	65	**-10**	63	55	**-8**	57	58	**1**	71	57	**-14**
Taxi - taxicolectivo	1	4	**4**	3	3	**1**	4	5	**0**	5	7	**2**	2	2	**-1**
Bus - taxibus	24	15	**-9**	11	12	**1**	12	12	**1**	18	16	**-1**	11	8	**-2**
Metro - tren	4	4	**-1**	6	8	**3**	4	5	**0**	7	11	**4**	4	3	**-1**
Otro especÝfico	22	10	**-13**	1	2	**0**	0	1	**0**	8	0	**-8**	1	2	**1**
	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0

Fuente: elaboración propia

De la tabla se aprecia un sistema claramente primado al modo auto particular en todos los propósitos. Se aprecia también una participación significativa del modo caminata en los propósitos social y compras.

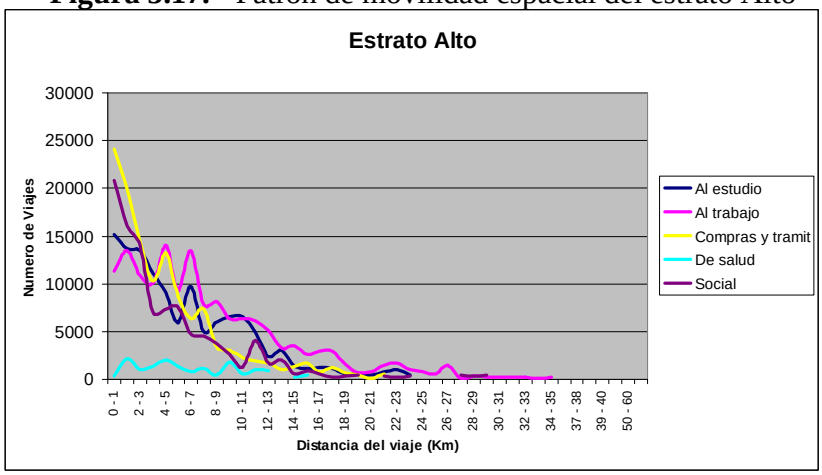
5.2.2.2.- Patrón de movilidad funcional-espacio/temporal

El análisis anterior deja claridad en el modo que utiliza cada estrato, en cada función o propósito a satisfacer, Los resultados no salen tanto de la lógica común que se tiene al respecto. En definitiva, lo importante del modo en que se satisface una funcionalidad determinada impacta directamente en la elongación espacial y temporal de dicha satisfacción. Es así que a continuación se caracterizan los distintos estratos, y de sus funciones a satisfacer en la ciudad, pero ahora desde el punto de vista de la extensión espacio-temporal de estas interacciones.

Como se planteó en la metodología, se analizaron las distribuciones de viajes por estrato-propósito, en función de la variable distancia del viaje, y tiempo del viaje. A continuación se

muestra un ejemplo (dado que existe uno para cada estrato-propósito-año-distancia/tiempo) de distribución espacial y otro de distribución temporal de los viajes.

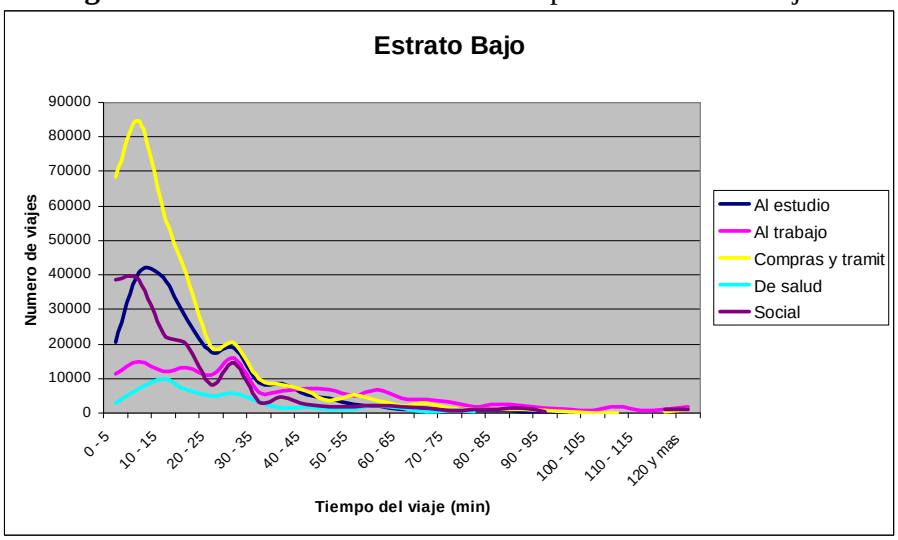
Figura 5.17.- Patrón de movilidad espacial del estrato Alto



Fuente: elaboración propia

En la figura se muestra la elongación o alcance "espacial" que tienen las interacciones para satisfacer las distintas funciones analizadas, solo para el estrato Alto. Se puede apreciar un abatimiento (disminución) de los viajes principalmente en todas las funcionalidades, menos en salud, en donde se aprecia una relativa invariabilidad a la distancia. Además en la figura se aprecia que es bastante poco factible, o probable, o singular, que un viaje recorra más de 30 Km, para este estrato, en las funcionalidades analizadas. Y también se aprecia la alta probabilidad, o factibilidad, de que si un viaje recorra hasta 2 Km.

Figura 5.18.- Patrón de movilidad temporal del estrato Bajo



Fuente: elaboración propia

En esta figura se presenta el patrón de movilidad temporal del estrato bajo. Como se puede apreciar, las distintas funciones analizadas presentan comportamientos distintos. Primero, la funcionalidad al comercio aumenta, para luego decaer, lo que indica que no interesa residir en el entro comercial, por la externalidades a las cuales se esta expuesto. U comportamiento similar lo tiene el estudio, pero ahora por razones de oferta educativa.

El comportamiento anterior no ocurre en la funcionalidad social. Para este estrato, la funcionalidad trabajo y salud son relativamente invariantes en el tiempo, es decir, como no al elección al respecto, se debe viajar lo que hay que viajar.

La forma de analizar estas graficas, y en definitivas patrones de comportamiento espacial-temporal es a través de estadísticos de posición (percentiles, por el hecho de ser distribuciones claramente asimétricas), con los cuales se puede interpretar la dispersión o elongación de las distintas distribuciones. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 5.15.- Percentiles del patrón de movilidad temporal y espacial para el estrato Alto

Alto	Al estudio			Al trabajo			Compras y tramites			De salud			Social		
Percentil	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)
10	1,1	0,8	**-0,3**	2,3	1,3	**-1,1**	0,7	0,5	**-0,2**	1,8	1,6	**-0,2**	1,0	0,5	**-0,5**
20	2,1	1,7	**-0,4**	3,7	2,5	**-1,2**	1,4	1,1	**-0,4**	2,9	2,7	**-0,2**	1,7	1,0	**-0,7**
40	4,2	3,7	**-0,4**	5,9	5,0	**-0,9**	2,9	2,4	**-0,4**	4,8	4,8	**0,0**	3,7	2,3	**-1,4**
50	5,2	5,0	**-0,2**	7,0	6,4	**-0,6**	3,8	3,4	**-0,4**	5,8	5,9	**0,2**	4,7	3,1	**-1,6**
60	6,5	6,7	**0,2**	8,4	7,9	**-0,5**	4,9	4,5	**-0,4**	7,3	7,7	**0,3**	5,7	4,5	**-1,1**
80	10,0	10,7	**0,7**	11,6	12,5	**0,9**	7,8	7,5	**-0,3**	10,6	11,1	**0,5**	8,8	8,1	**-0,7**
90	13,0	14,1	**1,0**	14,2	17,0	**2,8**	10,7	11,0	**0,4**	13,8	12,8	**-0,9**	12,0	11,8	**-0,3**

Alto	Al estudio			Al trabajo			Compras y tramites			De salud			Social		
Percentil	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)
10	11,3	5,7	**-5,5**	11,9	6,4	**-5,6**	4,4	2,9	**-1,5**	10,2	7,5	**-2,7**	10,1	3,3	**-6,7**
20	13,4	8,3	**-5,1**	14,7	10,3	**-4,4**	11,0	5,6	**-5,4**	12,1	11,0	**-1,1**	11,5	6,0	**-5,5**
40	25,3	13,5	**-11,8**	26,0	17,5	**-8,5**	13,6	10,0	**-3,5**	16,9	16,1	**-0,8**	14,4	10,1	**-4,3**
50	26,8	16,7	**-10,1**	27,4	21,8	**-5,6**	14,8	12,6	**-2,2**	25,3	17,7	**-7,5**	17,1	12,3	**-4,9**
60	28,3	20,8	**-7,5**	28,8	26,8	**-2,1**	18,0	15,4	**-2,6**	27,2	19,4	**-7,9**	25,5	14,4	**-11,0**
80	42,2	32,4	**-9,8**	42,7	39,6	**-3,0**	28,3	26,6	**-1,6**	40,4	27,1	**-13,2**	29,6	24,8	**-4,9**
90	50,5	46,2	**-4,3**	55,5	50,9	**-4,7**	40,6	37,2	**-3,4**	44,5	37,2	**-7,3**	44,8	33,4	**-11,4**

Fuente elaboración propia

En ambas tablas se presentan los valores de los distintos percentiles analizados, en el período analizado (y su evolución), y en la funcionalidad analizada, solo para el estrato Alto. La primera tabla se refiere al patrón de movilidad espacial, y la segunda al patrón de movilidad temporal. En amarillo se han destacad los aumentos en el período 1991-2001.

Entonces, para el estrato alto se aprecia que:

- En las funcionalidades estudio, trabajo, y compras, si bien aumenta la longitud de los viajes medios y más largos (celdas en amarillo), disminuye todos los tiempos de los mismos, es decir, viaja más a menos tiempo.
- En la funcionalidad de salud, si bien aumentan de longitud los viajes medios, el viaje más largo disminuye su longitud, es decir, la curva cambia forma pero no se desplaza, y también los tiempos disminuyen.

- En la funcionalidad social, disminuyen tanto distancias como tiempos, es decir se viaje más cerca y en menos tiempo.

Tabla 5.16.- Percentiles del patrón de movilidad espacial y temporal del estrato Medio

Medio	Al estudio			Al trabajo			Compras y tramites			De salud			Social		
Percentil	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)
10	0,5	0,5	**0,0**	1,7	1,1	**-0,6**	0,5	0,3	**-0,2**	1,5	1,1	**-0,3**	0,6	0,3	**-0,3**
20	1,0	1,0	**0,0**	3,3	2,7	**-0,7**	0,9	0,6	**-0,3**	2,7	1,9	**-0,9**	1,2	0,6	**-0,6**
40	2,2	2,1	**-0,1**	6,7	6,5	**-0,1**	2,1	1,3	**-0,8**	5,6	4,3	**-1,2**	2,9	1,3	**-1,6**
50	3,1	3,0	**-0,1**	8,3	8,6	**0,3**	3,2	1,8	**-1,3**	6,8	5,8	**-1,0**	4,3	1,8	**-2,5**
60	4,4	4,3	**-0,1**	10,0	10,9	**0,8**	4,7	2,8	**-1,9**	8,1	7,4	**-0,7**	6,1	2,8	**-3,3**
80	8,3	8,6	**0,3**	14,5	16,1	**1,6**	9,0	7,0	**-2,0**	12,7	11,1	**-1,6**	11,0	8,0	**-3,0**
90	12,1	12,7	**0,6**	18,1	20,6	**2,6**	12,6	10,2	**-2,5**	15,3	17,2	**1,9**	15,2	12,7	**-2,5**

Medio	Al estudio			Al trabajo			Compras y tramites			De salud			Social		
Percentil	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)
10	11,1	5,2	**-5,9**	13,4	6,8	**-6,6**	10,2	2,5	**-7,6**	12,3	6,4	**-5,9**	10,6	2,2	**-8,4**
20	13,0	7,8	**-5,2**	19,6	12,4	**-7,2**	11,7	5,1	**-6,6**	15,1	9,9	**-5,2**	12,3	4,3	**-8,0**
40	19,5	13,6	**-5,9**	28,9	25,4	**-3,4**	14,8	9,1	**-5,7**	27,0	18,1	**-8,9**	18,0	8,7	**-9,3**
50	26,7	17,3	**-9,4**	40,6	30,9	**-9,7**	18,9	11,6	**-7,3**	28,9	23,2	**-5,7**	26,3	11,7	**-14,6**
60	28,7	22,1	**-6,6**	44,0	39,4	**-4,5**	26,7	14,5	**-12,2**	40,8	28,9	**-11,8**	28,4	15,7	**-12,7**
80	44,2	34,8	**-9,3**	58,4	58,4	**0,0**	41,6	26,6	**-15,1**	56,7	43,5	**-13,2**	47,1	28,7	**-18,4**
90	57,6	47,7	**-9,9**	73,2	75,3	**2,1**	56,0	38,4	**-17,6**	63,5	64,9	**1,3**	59,1	42,9	**-16,2**

Fuente: elaboración propia

Para el estrato medio se aprecia que:

- En la funcionalidad estudio, se alargan en distancia los viajes más largos, pero disminuyen los tiempos.
- En la funcionalidad trabajo, los viajes medios y mas largos aumentan su distancia, pero solo los viajes más largos en tiempo aumentan su tiempo, y no los de tiempo medio.
- En salud, aumentan solo los más largos en distancia, y aumentan solo los más largos en tiempo.
- En compras y social disminuyen tanto distancias como tiempos.

Tabla 5.17.- Percentiles del patrón de movilidad temporal y espacial del estrato Bajo

Bajo	Al estudio			Al trabajo			Compras y tramites			De salud			Social		
Percentil	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)	1991 (Km)	2001 (Km)	Dif (Km)
10	0,3	0,3	**0,1**	1,2	0,8	**-0,4**	0,4	0,3	**-0,1**	0,9	0,6	**-0,2**	0,4	0,3	**-0,2**
20	0,6	0,7	**0,1**	2,7	1,8	**-0,9**	0,7	0,5	**-0,2**	1,6	1,2	**-0,4**	0,8	0,5	**-0,3**
40	1,3	1,7	**0,4**	6,6	5,3	**-1,3**	1,7	1,1	**-0,6**	3,9	2,3	**-1,6**	2,2	1,1	**-1,1**
50	1,9	2,3	**0,5**	8,5	7,2	**-1,2**	2,5	1,6	**-0,8**	5,5	3,3	**-2,3**	3,4	1,7	**-1,8**
60	2,8	3,2	**0,5**	10,4	9,6	**-0,8**	3,8	2,3	**-1,5**	6,8	4,4	**-2,4**	5,0	2,6	**-2,4**
80	6,0	7,5	**1,5**	15,4	15,5	**0,1**	8,4	6,7	**-1,7**	10,0	8,0	**-2,0**	10,2	7,4	**-2,8**
90	9,0	10,9	**1,9**	19,0	20,9	**1,9**	12,0	10,6	**-1,4**	12,5	13,3	**0,8**	14,6	12,9	**-1,7**

Bajo	Al estudio			Al trabajo			Compras y tramites			De salud			Social		
Percentil	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)	1991 (min)	2001 (min)	Dif (min)
10	10,6	4,9	**-5,8**	13,4	5,9	**-7,5**	10,3	2,5	**-7,9**	12,2	6,7	**-5,5**	10,8	2,2	**-8,6**
20	12,1	7,4	**-4,7**	25,4	10,9	**-14,5**	11,9	5,0	**-6,9**	14,9	10,2	**-4,6**	12,6	4,4	**-8,2**
40	14,9	12,4	**-2,5**	30,1	22,5	**-7,6**	14,9	9,0	**-5,9**	26,8	15,5	**-11,3**	19,6	8,8	**-10,8**
50	19,7	15,0	**-4,7**	43,5	27,7	**-15,7**	19,7	11,4	**-8,3**	28,5	19,4	**-9,1**	26,7	11,6	**-15,1**
60	26,9	18,7	**-8,3**	55,7	35,8	**-19,8**	27,1	14,3	**-12,8**	31,5	24,3	**-7,2**	28,6	15,4	**-13,2**
80	41,7	29,1	**-12,6**	64,8	58,5	**-6,3**	42,8	25,2	**-17,6**	55,6	37,2	**-18,4**	55,4	27,5	**-27,9**
90	56,3	39,7	**-16,7**	86,4	77,1	**-9,3**	57,4	38,0	**-19,3**	59,5	55,3	**-4,2**	60,0	43,3	**-16,7**

Fuente: elaboración propia

Para el estrato bajo se tiene:

- La funcionalidad educación, si bien se acortan en distancia, aumentan los tiempos de los viajes.
- En la funcionalidad trabajo, si bien disminuyen en distancia, aumentan los tiempos de los viajes más demorosos.
- En las funcionalidades Compras, salud, y social, en general, disminuyen distancias y tiempos.

Como se pudo apreciar, las situaciones son variadas según los estratos y funcionalidades, dándose algunas paradojas de disminuciones de distancias y aumentos de tiempo. Para analizar estas situaciones es necesario visualizar las funcionalidades en espacio y tiempo a la vez, para finalmente tener una visión más integral de cómo esta desarrollándose, u operando dicha funcionalidad-estrato.

A continuación se presenta un ejemplo de las tablas espacio-tiempo construidas por estratos y año

Tabla 5.18.- Tabla de análisis espacio-tiempo para el estrato alto propósito estudio

1991			Tiempo (minutos)					
Estrato	Propósito	Distancia (Km)	0 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60	> 60	Total
Alto	Al estudio	0 - 5	23	20	4	1	0	48
		5 - 10	4	17	7	3	1	32
		10 - 15	1	5	4	4	1	15
		15 - 20	0	1	1	2	1	5
		> 20	0	0	0	0	0	1
		Total	27	43	16	10	3	100

2001			Tiempo (minutos)					
Estrato	Propósito	Distancia (Km)	0 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60	> 60	Total
Alto	Al estudio	0 - 5	38	10	2	0	0	50
		5 - 10	6	15	5	1	0	26
		10 - 15	1	6	4	3	0	15
		15 - 20	0	1	1	1	1	4
		> 20	0	0	0	3	2	5
		Total	46	32	12	8	3	100

Lo que se presenta son las tablas espacio-tiempo, para el estrato Alto, en la funcionalidad estudio, para los años 1991 y 2001. Como se puede apreciar en las tablas, por análisis espacio-tiempo se entiende el porcentaje del total de viajes del estrato-función que esta en cierto intervalo de distancia, y cierto intervalo de tiempo, a la vez. Los intervalos tanto de tiempo como de distancia deben ser regulares (de igual amplitud) y definidos para todos los estratos-función a la vez.

En estas matrices espacio-tiempo, se pueden identificar cuatro áreas de situaciones urbanas reconocibles, las que se presentan en la siguiente figura.

Figura 5.19.- Esquema de definición de tipos de funcionalidades

	Tiempo (minutos)				
Distancia (Km)	0 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60	> 60
0 - 5	38	10	2	0	0
5 - 10	6	15	5	1	0
10 - 15	1	6	4	3	0
15 - 20	0	1	1	1	1
> 20	0	0	0	3	2

% en funcionalidad Dispersa-Ineficiente
% en funcionalidad Compacta-Congestionada
% en funcionalidad Compacta-Eficiente
% en funcionalidad Dispersa-Eficiente

Se reconocen cuatro zonas, con distinta interpretación de la funcionalidad, las que se describen a continuación:

- Zona gris: que considera los viajes largos tanto en distancia como en tiempo, y se clasifica como una funcionalidad dispersa (por el largo) e ineficiente (urbanamente hablando) por el tiempo.
- Zona naranja: que considera los viajes de distancia corta, pero largos en tiempo, y se clasifica como una funcionalidad compacta, pero congestionada.
- Zona celeste: que considera viajes cortos en distancia y tiempo, y se clasifica como una funcionalidad compacta eficiente.
- Zona amarilla: que considera viajes muy largos, pero de corto tiempo, y se clasifica como dispersa eficiente.

Entonces, con esta regla de análisis, se totalizaron los porcentajes de cada una de estas categorías, para cada estrato función, y s evolución en el período analizado. A continuación se presentan las tablas con los resultados obtenidos:

Tabla 5.19.- Porcentaje de viaje por tipo de funcionalidad y propósito, y su evolución en el período 1991- 2001, para el estrato alto

		1991				2001				Variación			
Estrato	**Propósito**	Compata eficiente	Compacta congestionada	Dispersa ineficiente	Dispersa eficiente	Compata eficiente	Compacta congestionada	Dispersa ineficiente	Dispersa eficiente	Compata eficiente	Compacta congestionada	Dispersa ineficiente	Dispersa eficiente
Alto	Al estudio	**64**	5	3	1	**69**	1	6	1	5	-4	**3**	0
	Al trabajo	**56**	5	3	2	**61**	2	**7**	2	5	-3	**4**	0
	Compras y tramit	**80**	3	1	1	**82**	2	2	2	1	-1	**1**	**1**
	De salud	**64**	3	3	1	**71**	1	4	3	8	-2	**1**	**2**
	Social	**77**	2	2	1	**80**	2	2	3	3	-1	-1	**2**

Fuente: elaboración propia

Para el estrato alto se aprecia un alto porcentaje de los viajes en funcionalidad compacta y eficiente, para todas las funciones. En porcentaje significativamente menor, le siguen la funcionalidad compacta congestionada, luego la dispersa ineficiente, y finalmente, con un bajo porcentaje, la dispersa eficiente.

En la evolución de los valores, se aprecia un aumento de la funcionalidad compacta eficiente, pero también un aumento en la dispersa ineficiente, y dispersa eficiente, para algunas funcionalidades. Uno de los efectos probables de esta situación es que exista la transformación de dispersa ineficiente hacia una dispersa eficiente, por el hecho de que existe capacidad de pago al respecto. Todo esto en el entendido que es la funcionalidad Dispersa eficiente la que se asocia directamente al fenómeno de expansión espacial (discontinua o también continua).

Tabla 5.20.- Porcentaje de viajes por tipo de funcionalidad y propósito, y su evolución en el período 1991-2001, para el estrato Medio

		1991				2001				Variación			
Estrato	**Propósito**	Compata eficiente	Compacta congestionada	Dispersa ineficiente	Dispersa eficiente	Compata eficiente	Compacta congestionada	Dispersa ineficiente	Dispersa eficiente	Compata eficiente	Compacta congestionada	Dispersa ineficiente	Dispersa eficiente
Medio	Al estudio	**65**	**8**	4	0	**73**	2	5	1	8	-7	**1**	0
	Al trabajo	**40**	**10**	**14**	2	**45**	2	**20**	1	5	-8	**6**	0
	Compras y tramit	**71**	5	4	1	**83**	1	3	0	12	-4	-1	0
	De salud	**51**	**10**	**8**	1	**60**	2	**12**	0	9	-9	**4**	0
	Social	**63**	**7**	**7**	2	**79**	1	5	1	16	-6	-3	0

Fuente: elaboración propia

En el estrato medio, el porcentaje de viajes en funcionalidad compact eficiente es el mayor, pero es menor en comparación al estrato alto. De hecho en la funcionalidad al trabajo y salud, en el año 1991, se observas porcentajes significativos en situación compacta congestionada, y dispersa ineficiente. Al año 2001 se aprecia una mayor situación de compacta eficiente, pero un aumento en la dispersión ineficiente, en las funcionalidades de trabajo, estudio y salud.

Tabla 5.21.- Porcentaje de viajes por tipo de funcionalidad y propósito, y su evolución en el período 1991-2001, para el estrato Bajo

		1991				2001				Variación			
Estrato	**Propósito**	Compata eficiente	Compacta congestionada	Dispersa ineficiente	Dispersa eficiente	Compata eficiente	Compacta congestionada	Dispersa ineficiente	Dispersa eficiente	Compata eficiente	Compacta congestionada	Dispersa ineficiente	Dispersa eficiente
Bajo	Al estudio	**74**	**9**	2	0	**77**	2	3	3	3	-6	**1**	**3**
	Al trabajo	**36**	**13**	**19**	1	**52**	1	**20**	1	16	-12	**1**	0
	Compras y tramit	**71**	**6**	4	0	**82**	2	3	2	12	-5	-1	**1**
	De salud	**55**	**13**	5	0	**72**	2	7	0	17	-11	**2**	0
	Social	**65**	**8**	**8**	0	**81**	2	5	2	16	-7	-3	**1**

Fuente: elaboración propia

Finalmente, para el estrato bajo, las funcionalidades evolucionan hacia ser, preferentemente compactas y eficientes. En este caso hay aumentos tanto en dispersa ineficiente, como en dispersa eficiente, que eventualmente podrían ser asociaciones espaciales estrato alto y bajo.

Como síntesis de este punto se puede decir, que las funcionalidades urbanas de la mayoría de los estratos disminuyen en distancia y tiempo, y pasan a ser mayoritariamente compactas y eficientes. Pero también se reconoce, en los estratos altos, funcionalidades que tienden, por elección propia, a la dispersión, ya sea ineficiente o eficiente, condición propicia para una expansión espacial urbana.

5.2.2.3.- Centralidades funcionales

Los patrones funcionales antes presentados dan cuenta del comportamiento propio del viaje, pero no dan cuenta de las zonas específicas en donde se da esta funcionalidad, es decir, es un comportamiento paramétrico, que se puede suponer igual en cualquier parte de la ciudad.

Necesariamente para saber como funciona la ciudad en la satisfacción de sus funciones, es que requerimos de identificar las centralidades funcionales, es decir, en las zonas donde se prestan cada una de las funciones-estrato analizadas.

Tradicionalmente el urbanismo reconoce centralidades urbanas en función de la concentración de equipamientos en una zona, dando por supuesto que, donde mayor equipamiento existe, será mayor la atracción de la zona. Desde el punto de vista funcional, necesariamente hay que hacerse cargo de este supuesto, pues se requiere saber en donde se satisfacerán con mayor probabilidad "real" las distintas funciones.

Para esto se construyo un indicador por zona EOD, que da cuenta de una densidad de atracción de viajes por función-estrato. La densidad a calcular no se refiere a la especialidad tradicionalmente ocupada en este indicador (superficie de la zona), sino que se refiere a una densidad de funciones satisfechas por uso, es decir, visitas por establecimiento asociado. Solo así se puede tener una imagen de la jerarquía funcional de una zona, la que se construye por la jerarquía funcional de los usos presentes. Además este enfoque refleja de forma más real los distintos comportamientos o atractivos que pueden tener usos de la misma clase, en la ciudad.

Sobre este indicador, calculado para cada estrato-función-año, se hizo un análisis estadístico para identificar los valores más altos, reconocibles como una centralidad funcional actual. Se entiende por valores altos, a los valores mayores o iguales al percentil 75, ya que nuevamente la distribuciones estadísticas asociadas son asimétricas.

También se definió una categoría de centralidad funcional potencial, a los valores que están entre el percentil 50 y el 75, valores que potencialmente pueden subir.

Los percentiles argumentados se calcularon para los datos del año 1991 y 2001 en conjunto, con el fin de poder compara valores entre los años analizados.

Los percentiles obtenidos, y aplicados para determinar centralidades funcionales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.22.- Percentiles del índice de centralidad funcional

Proposito		Estrato				
		Bajo	Medio bajo	Medio	Medio alto	Alto
Estudio	percentil 75	25,4	36,0	28,2	17,0	12,3
	percentil 50	12,1	17,7	14,5	7,9	4,4
Trabajo	percentil 75	3,7	6,7	6,8	4,7	3,1
	percentil 50	2,0	3,8	4,1	2,3	1,2
Compras y tram	percentil 75	4,0	6,3	4,5	4,1	2,6
	percentil 50	2,1	2,9	2,5	1,8	1,1
De Salud	percentil 75	5,3	4,9	4,1	3,0	2,8
	percentil 50	2,0	2,2	1,8	1,2	0,9
Social	percentil 75	0,9	1,0	1,0	1,3	1,6
	percentil 50	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8

Fuente: elaboración propia

De la tabla se aprecia que los percentiles varían por estrato y función. Así, los percentiles del propósito estudio son los mayores en magnitud.

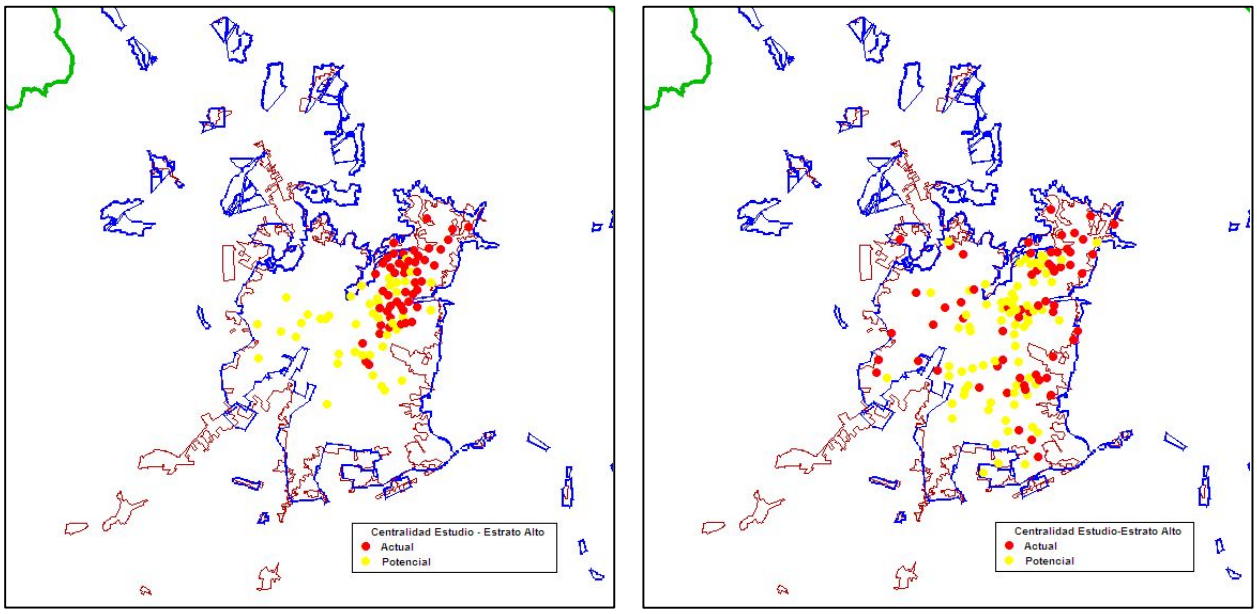
Respecto de los estratos, son los estratos medios los que presentan mayores valores, que los estratos extremos.

Con estos valores se definieron centralidades funcionales. Por ejemplo, las centralidades funcionales para el estrato alto en la función trabajo, serán las zonas EOD, en donde sus usos asociados, tengan tasas de visita mayor a tres, tanto para el año 1991 como para el año 2001.

Lo anterior se hizo para cada estrato-función, por lo que a continuación se presentan los resultados obtenidos solo para el estrato alto, en tres funcionalidades.

Figura 5.20.- Centralidades funcionales de estudio para el estrato Alto

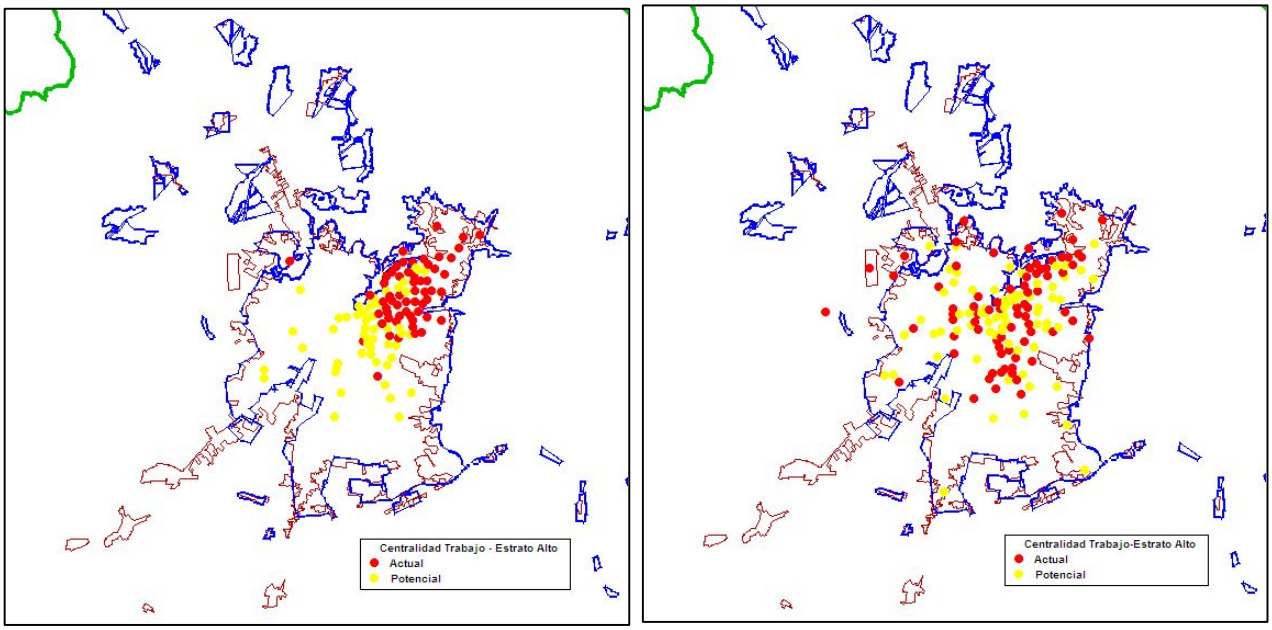
1991 2001



Fuente: elaboración propia

Figura 5.21.- Centralidades funcionales de trabajo para el estrato Alto

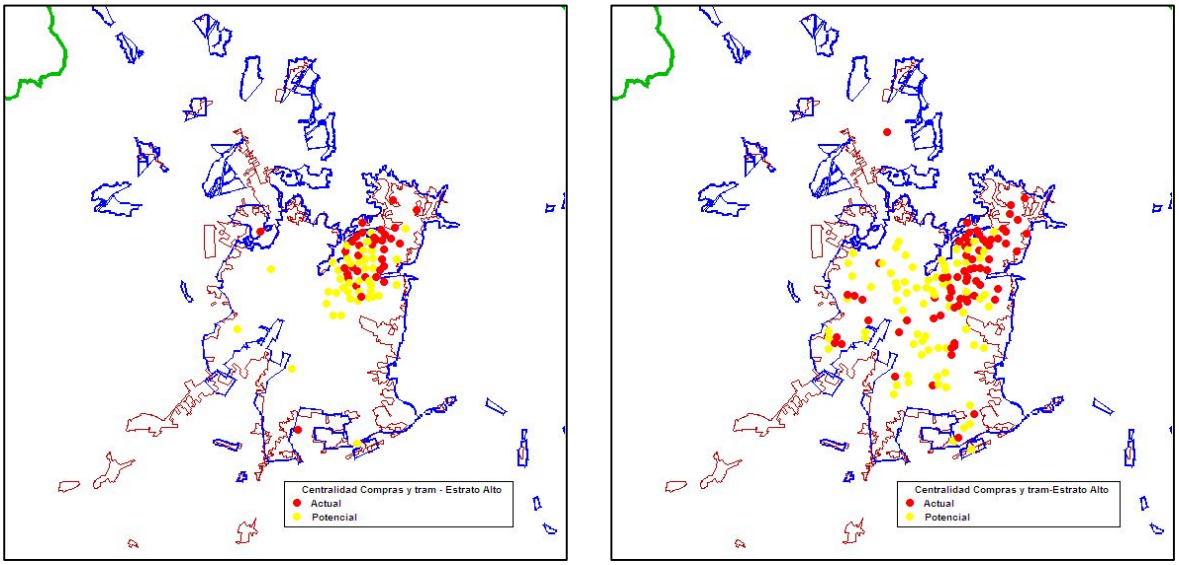
1991 2001



Fuente: elaboración propia

Tabla 5.22.- Centralidades funcionales de compras y tramites para el estrato Alto

1991 2001



Fuente: elaboración propia

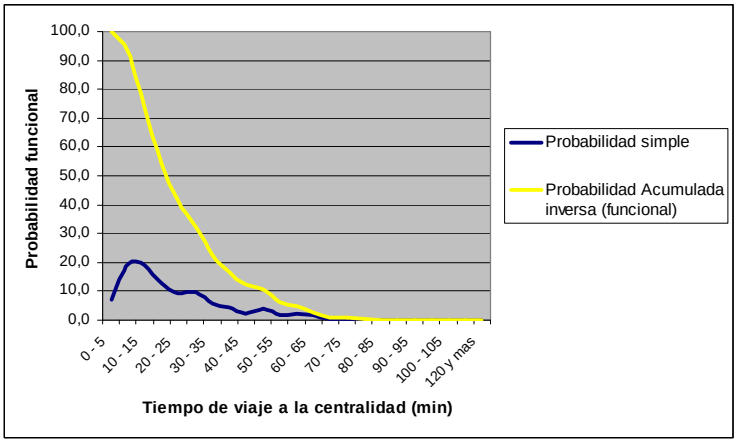
De las figuras presentadas, se aprecia que todas las centralidades funcionales del estrato alto sufren una fuerte dispersión espacial entre el año 1991 y el 2001, por lo que se ratifica el hecho que las estructuras funcionales tiendan a ser compactas y eficientes, y que los patrones espaciales y temporales de este estrato, en sus valores generales, disminuyan sus valores (percentiles).

5.2.2.4.- Probabilidad funcional

Con todos los resultados obtenidos en los puntos anteriores, se puede estructurar y calcular lo que se ha denominado "probabilidad funcional de un territorio, para un estrato". Esta probabilidad funcional, como se menciono en la metodología, depende de la localización de las centralidades, el tiempo de acceso a dichas centralidades, y de la probabilidad funcional que genere dicho tiempo. Dicho de otro modo, es calcular el que tan probable es que un territorio determinado, que esta a un determinado tiempo de la centralidad más cercana, satisfaga su función específica en dicha centralidad.

A continuación se muestra una figura que permite entender como un tiempo de viaje a una centralidad se puede transformar en probabilidad funcional.

Figura 5.23.- Construcción de la probabilidad funcional

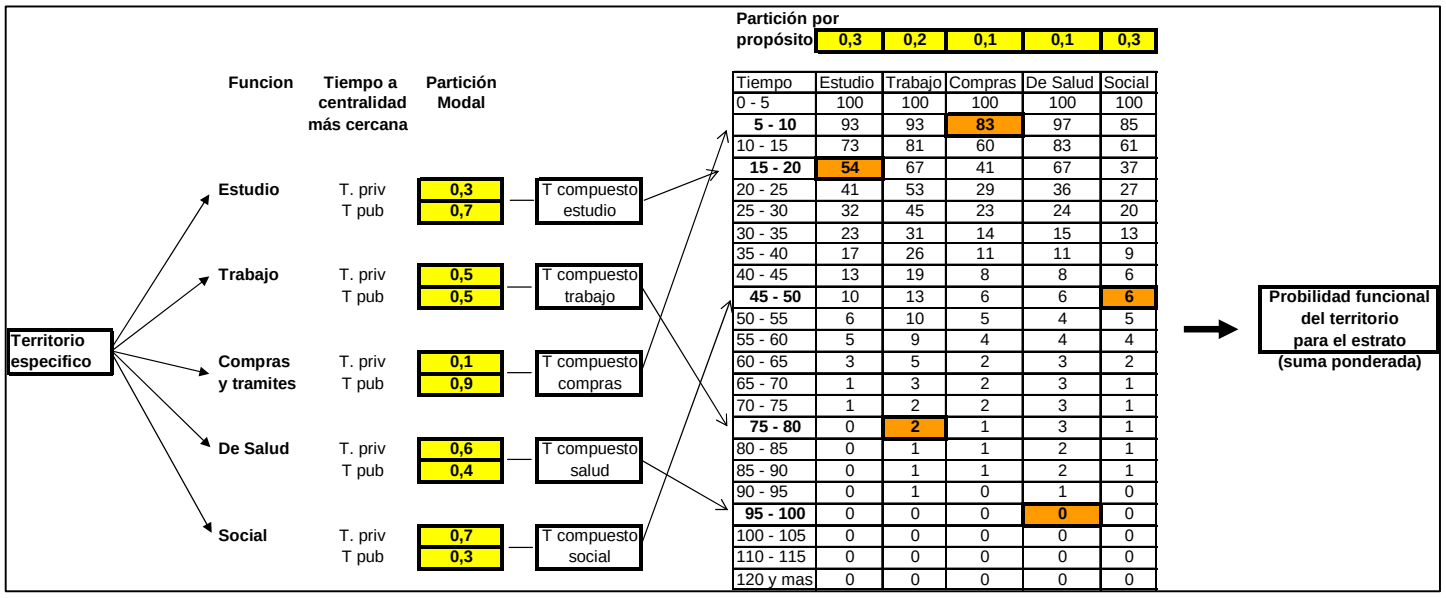


Fuente: elaboración propia

La curva azul muestra la probabilidad que un viaje dure un determinado tiempo. La curva amarilla se construye como la probabilidad acumulada inversa, e indica cual es la probabilidad de que un viaje dure "hasta" un determinado tiempo, A modo de ejemplo, es muy probable (probabilidad funcional) que desde un territorio que esta a 5 minutos de su centralidad más cercana, se viaje a ella para satisfacer su función, pero es muy poco probable que pase eso, si el territorio esta a 70 minutos de su centralidad más cercana. Así, el territorio adquiere una probabilidad funcional, para un estrato determinado, y en una función determinada. Entonces un territorio puede tener alta probabilidad para satisfacer trabajo, pero baja probabilidad para compras, de un mismo estrato. De que depende lo anterior, de los tiempos de viaje, y de la estructura espacial de las centralidades.

Como finalmente se llega a una probabilidad funcional total de un territorio, para un estrato determinado, siguiendo el siguiente diagrama:

Figura 5.24.- Esquema de calculo de la probabilidad funcional territorial



Tiempo	Estudio	Trabajo	Compras	De Salud	Social
0 - 5	100	100	100	100	100
5 - 10	93	93	**83**	97	85
10 - 15	73	81	60	83	61
15 - 20	**54**	67	41	67	37
20 - 25	41	53	29	36	27
25 - 30	32	45	23	24	20
30 - 35	23	31	14	15	13
35 - 40	17	26	11	11	9
40 - 45	13	19	8	8	6
45 - 50	10	13	6	6	**6**
50 - 55	6	10	5	4	5
55 - 60	5	9	4	4	4
60 - 65	3	5	2	3	2
65 - 70	1	3	2	3	1
70 - 75	1	2	2	3	1
75 - 80	0	**2**	1	3	1
80 - 85	0	1	1	2	1
85 - 90	0	1	1	2	1
90 - 95	0	1	0	1	0
95 - 100	0	0	0	**0**	0
100 - 105	0	0	0	0	0
110 - 115	0	0	0	0	0
120 y mas	0	0	0	0	0

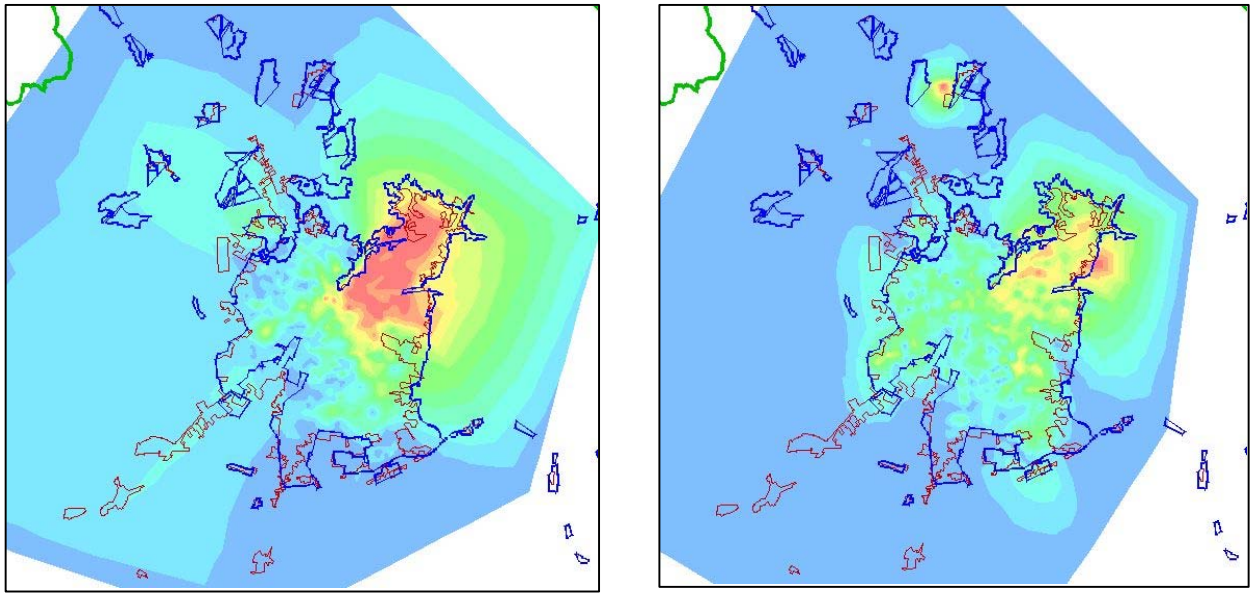
Fuente: elaboración propia

Operativamente, desde cada territorio se calcula el tiempo, en transporte público y en privado, para acceder a cada una de las centralidades funcionales. Estos tiempos se componen, para tener un tiempo por función, a través de ponderadores que son las particiones modales del estrato en esas funciones. Con los tiempos compuestos, se identifican las probabilidades funcionales para cada función, atribuibles a ese territorio. Finalmente se integran las probabilidades funcionales en un solo valor, utilizando ahora la partición funcional de dicho estrato. Así se obtiene un único valor de probabilidad funcional de un territorio, para un estrato determinado, y para un año determinado.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el estrato Alto y Bajo, para los años 1991 y 2001.

Figura 5.25.- Probabilidad funcional territorial para el estrato Alto

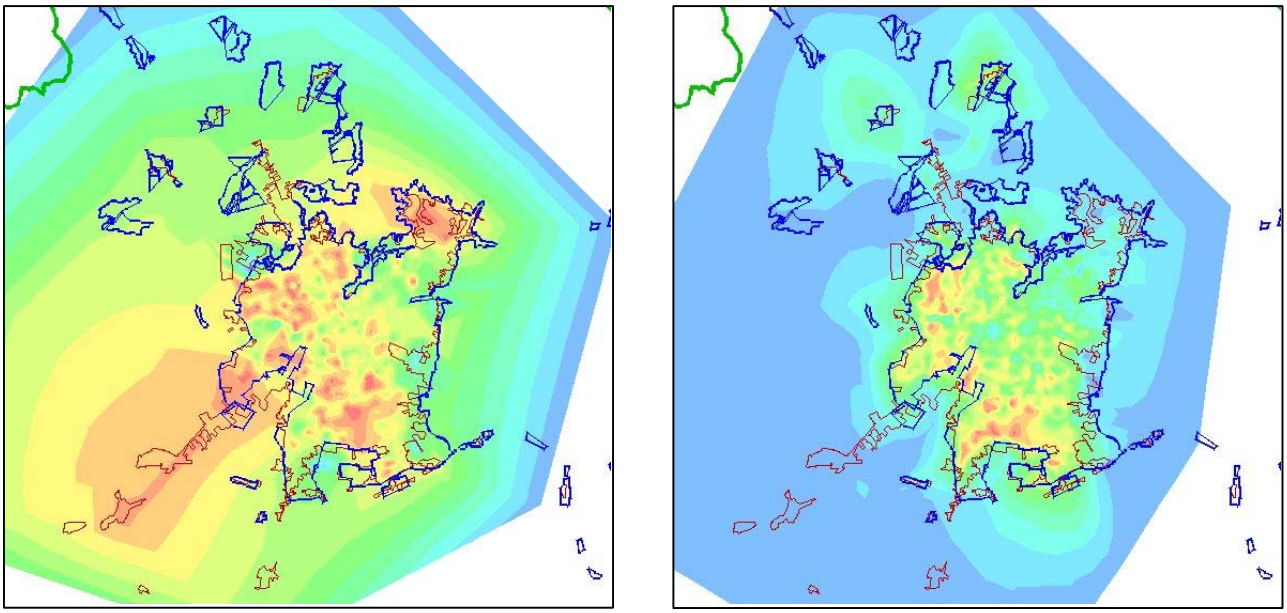
1991 2001



Fuente: elaboración propia

Tabla 5.26.- Probabilidad funcional territorial para estrato Bajo

1991 2001



Fuente: elaboración propia

De las figuras se aprecia como se difunde la probabilidad funcional en el territorio, y como cambia de configuración de un año a otro. Las zonas dispersa también se ven afectadas por esta difusión en la probabilidad funcional.

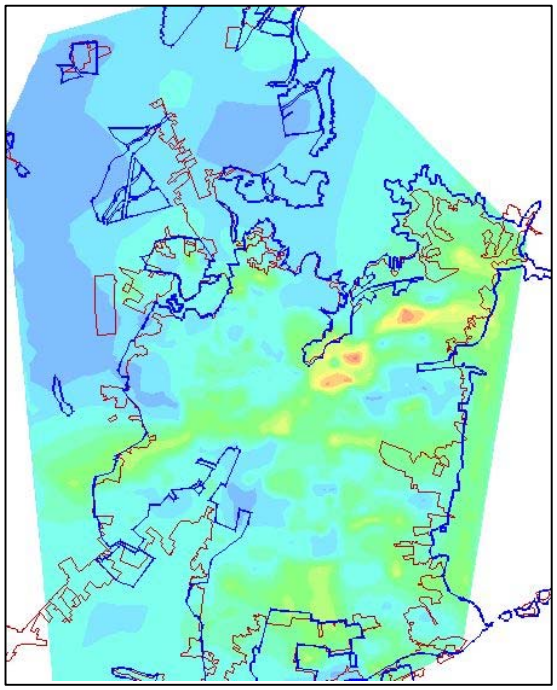
5.2.2.5.- Variables finales

Finalmente, el resultado de esta etapa son variables que dan cuenta de condiciones de accesibilidad del territorio, bajo distintos enfoques.

Entonces, las variables finales corresponden a:

Accesibilidad topológica: se calcularon para cada territorio, el tiempo mínimo de acceso en transporte público y privado, hacia el centro de la ciudad, y hacia todos sus destinos en la ciudad. A continuación se muestra el resultado obtenido para el tiempo, en transporte privado, hacia el centro.

Figura 5.27.- Tiempo de viaje mínimo al centro, en transporte privado



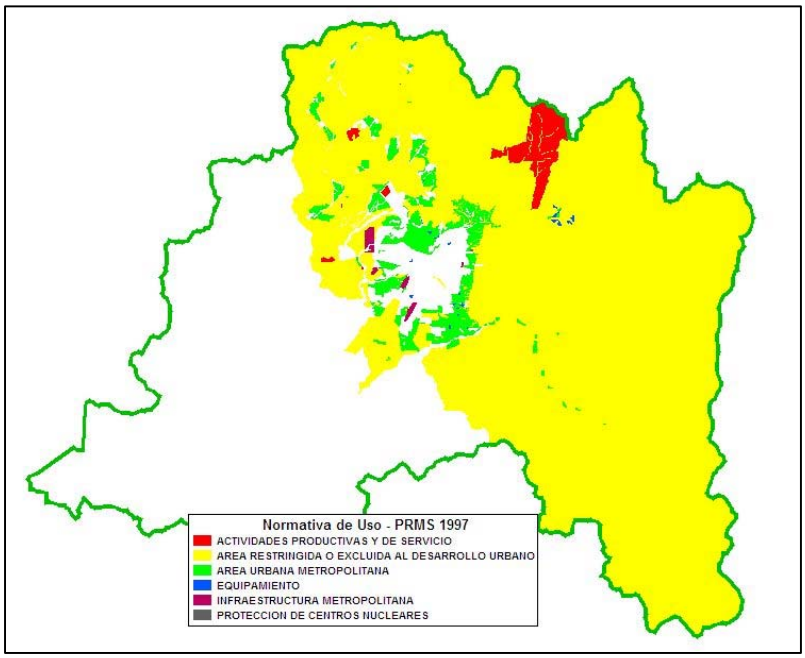
Fuente: elaboración propia

Accesibilidad por contigüidad: según lo establecido en la metodología, se clasifica una periferia inmediata y una periferia lejana.

Atractividad del territorio: se utilizaron los resultados de probabilidad funcional por estrato

Normativa para el año 2001: se consideró la condición de zona excluida al desarrollo urbano (zona amarilla), en base a la cobertura del PRMS 1997.

Figura 5.28.- Normativa de usos de suelo, PRMS 1997



5.2.3.- Etapa III.- Medias de accesibilidad y comportamiento migratorio en el territorio.

En esta etapa se integraron todos los resultados obtenidos, para finalmente determinar, en que porcentaje participa cada una de las medidas de accesibilidad construidas en la explicación estadística del fenómeno de densidad de estratos en el territorio, y de la dinámica migratoria de los mismos.

Como se planteo en la metodología, se calibraron modelos econométricos multivariados por uso y año. A continuación se reportan los mejores modelos obtenidos, luego de aplicar los criterios de significancia de parámetros, y global del modelo.

Tabla 5.24.- Resultados calibración modelos de densidades

Modelo de Densidad	**Bajo**		**Medio bajo**		**Medio**		**Medio alto**		**Alto**	
	1991	2001	1991	2001	1991	2001	1991	2001	1991	2001
Zona periférica (dummy)	-0,19		-0,21		-0,19					
Zona lejana (dummy)	-0,22		-0,23		-0,20					
Normativa										
Tiempo mínimo al centro en transporte privado										
Tiempo mínimo al centro en transporte publico	0,27									
Tiempo mínimo a sus destino en transporte privado			0,22						-0,24	
Tiempo mínimo a sus destino en transporte público						-0,09		-0,12		-0,17
Probabilidad funcional	0,54	0,76	0,68	0,81	0,94	0,94	0,84	0,96	0,94	0,86
R2 ajustado	**0,52**	**0,57**	**0,65**	**0,65**	**0,80**	**0,79**	**0,71**	**0,79**	**0,70**	**0,59**

Fuente: elaboración propia

En la tabla se incorpora la información del coeficiente estandarizado de la variable que resulto ser estadísticamente significativa, ya que este es comparable entre variables, e indica el peso en la explicación de cada una de ellas.

De la tabla con los modelos de densidad por estrato, se puede deducir que:

- La explicación de la variabilidad territorial de la densidad, por parte de las medidas de accesibilidad en del territorio, es en promedio de un 65%
- La densidad de los estratos Bajo y Medio bajo es afectada por la combinación de los tres tipos de accesibilidad, para el año 1991. En el año 2001, solo la explica la atractividad del territorio (probabilidad funcional).
- La densidad del estrato medio, pasa de ser explicada por contigüidad y atractividad, el año 1991, a ser explicada por topología (a la red, y no al centro) y atractividad el año 2001.
- La densidad de los estratos medio alto y alto, es explicada por la accesibilidad topológica a toda la red, y no al centro, además de la atractividad territorial.

- La atractividad del territorio, resulta ser significativa en todos los modelos, siendo siempre la variable de mayor peso relativo en los porcentajes explicados.

Tabla 5.25.- Resultados calibración modelos de tasa migratoria

Modelo de tasa migratoria	Bajo		Medio bajo		Medio		Medio alto		Alto	
	1991	2001	1991	2001	1991	2001	1991	2001	1991	2001
Zona periférica (dummy)	-0,07								0,23	
Zona lejana (dummy)	-0,09		-0,10		-0,07					0,09
Normativa		-0,09								
Tiempo mínimo al centro en transporte privado										
Tiempo minimo al centro en transporte publico		0,50		0,33					0,16	
Tiempo mínimo a sus destino en transporte privado			0,29		0,34	0,16		0,17		0,26
Tiempo mínimo a sus destino en transporte público	0,28	0,25		0,28		0,25		0,30		0,24
Probabilidad funcional	0,48	0,14	0,48	0,33	0,31	0,50	0,40	0,41		0,30
R2 ajustado	**0,50**	**0,61**	**0,50**	**0,71**	**0,35**	**0,65**	**0,16**	**0,60**	**0,10**	**0,50**

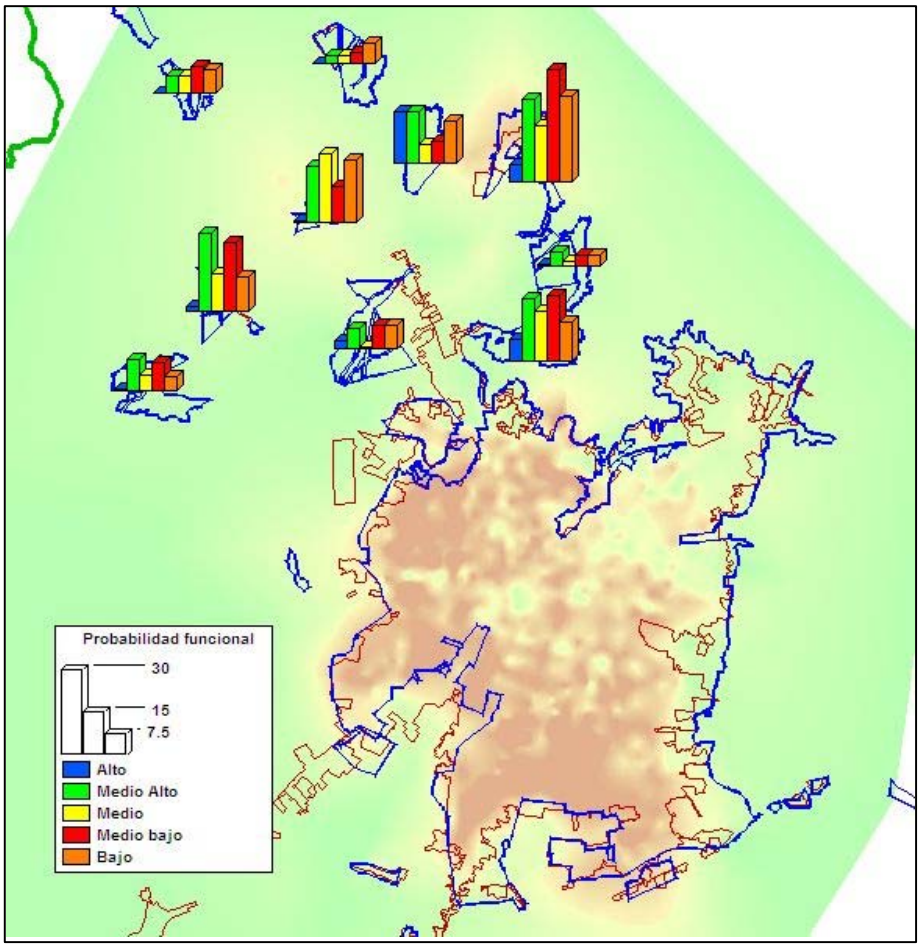
Fuente: elaboración propia

De la tabla con los modelos de tasa migratoria por estrato, se puede deducir que:

- La explicación de la variabilidad territorial de la densidad, por parte de las medidas de accesibilidad en del territorio, es en promedio de un 45%, explicando mayor porcentaje en los modelos del año 2001, en donde se sube el promedio a 60%.
- La densidad de los estratos Bajo y Medio bajo es afectada por la combinación de los tres tipos de accesibilidad, tanto en el año 1991 como en el año 2001.
- La accesibilidad por contigüidad actúa diferenciadamente por estrato, ya que a los estratos bajo, medio bajo y medio, los castiga, disminuyendo la tasa migratoria, Por otra parte, para el estrato alto la tasa es aumentada por la contigüidad, (el año 1991 por la periferia cercana, y el año 2001 por la periferia lejana).
- La atractividad del territorio, resulta ser significativa pero con pesos comparables con las otras medidas de accesibilidad.

Interpretando los resultados, y aplicándolos a las zonas normadas de desarrollo urbano, en la región metropolitana se tiene la siguiente figura.

Figura 5.29.- Evaluación de probabilidades funcionales por estrato, en zonas normadas de expansión urbana



Fuente: elaboración propia

De la figura se aprecia que, solo analizando la probabilidad funcional, las áreas periféricas tienen bajo porcentaje (máximo 30%), y que además los estratos de mayores probabilidades son los estratos medios hacia abajo. La probabilidad de los estratos altos es muy baja (para este año).

La evolución que ha tenido principalmente las zonas nor.-oriente de Santiago ha sido desde la parcela de agrado, a la densificación mayor en las zonas normadas, pero siempre hacia estratos Altos y Medio altos. Hace pocos años se abrió un camino orbital que une la zona de mayores ingresos, con la zona de expansión nor-oriente. En definitiva lo que se hizo con esta carretera es

aumentar la probabilidad de estratos altos, por el hecho de disminuir sus tiempos de interacción con la zona de alta centralidad de estratos altos. Lo anterior reafirma los resultados obtenidos.

Finalmente cabe señalar que el porcentaje no explicados por los modelos, son las variables que actualmente se ocupan en el mercado inmobiliario para disminuir las probabilidades funcionales de estratos "no económicamente convenientes". Luego la estrategia principal es llegar primero y ganar el nicho, ya que la dimensión sociológica de segregación es aun en Chile, una variable de estrategia inmobiliaria.

CAPITULO 6.- CONCLUSIONES Y NUEVAS LINEAS DE INVESTIGACION

Desde el unto de vista de la investigación realizada, la primera conclusión que es necesario plantear es que, para la ciudad de Santiago de Chile, se verificó la hipótesis tanto en la dimensión locacional (densidad), como en la dimensión dinámica (tasa migratoria), pero en esta ultima con menor intensidad.

Lo que se verificó es que finalmente la densidad, sea en donde sea, responde en un alto porcentaje a factores funcionales de la ciudad. Funcionalidad que se debe entender bajo el enfoque de atractividad del territorio, es decir la accesibilidad a centralidades funcionales (en donde se satisfacen las funciones).

Por otra parte, la accesibilidad no es lo mismo que la conectividad, en el entendido que la conectividad se asocia directamente a la infraestructura, mientras que la accesibilidad se asocia al nivel de servicio de la red de interacción, que lógicamente utiliza dicha infraestructura, es decir, al sistema de operadores de transporte.

Así dicho, el fenómeno sprawl es tan solo una deslocalización de un pedazo de ciudad, que, porque se dan las condiciones para mantener las funcionalidades es sus estándares necesarios, se localiza en zonas alejadas de la trama urbana consolidada.

De lo anterior se deduce que el fenómeno sprawl no es privativo de los estratos altos, ya que generando un sistema de transporte público extremadamente eficiente, y de amplia cobertura, la funcionalidad para los estratos bajos también se difundiría en el territorio, permitiendo que los estratos bajos también puedan beneficiarse de las mejores condiciones de entorno que caracteriza a las urbanizaciones discontinuas.

Una de las condiciones que aparece muy fuerte es que para que se genere deslocalización residencial, necesariamente se debe dar una deslocalización de las centralidades funcionales (lo que no necesariamente es una deslocalización de centralidades de stock). Sin dispersión de las centralidades funcionales no debería darse dispersión residencial, a menos que el sistema de interacción asuma todas las eficiencias necesarias para salvaguardar los parámetros operativos de la funcionalidad.

Todo lo expuesto se potencia, y eventualmente se hace factible, por lo verificado con los viajes, en el sentido que los propósitos funcionales tienden a homogeneizase en sus proporciones, dado el mejoramiento de los niveles socioeconómicos de la población. Es decir, en la medida que la población mejora su nivel socioeconómico, las necesidades básicas las resuelve de buena manera, dejando un saldo para las necesidades no básicas, que dependiendo de la cultura propia de la población, se materializan en consumo y/o contacto social. Es por esto que claramente son los estratos altos, los que comienzan a deslocalizarse hacia la periferia. Pero bajo esta lógica, es posible que se estén sucediendo situaciones de "sprawl" (saltos de rana, corredores, etc) al interior de la ciudad, y que no los vemos, pues no salen de los límites urbanos.

Por ultimo me permito plantear que la funcionalidad territorial es una variable clara y cierta de gestión urbana, que nos obliga a reformular los paradigmas de planificación, pasando del tradicional zoning al enfoque de red, pero no una red genérica, sino que una red por la cual se difunde (o eventualmente contrae) la funcionalidad.

Las líneas obligadas de desarrollo de este tema van principalmente por:

- Verificar lo analizados en otras ciudades, con mayores niveles de urbanización discontínua.
- Abrir el potencial funcional para cada función, e investigar cual es la división del poder explicativo de la densidad.
- Independizarse del enfoque de matriz origen destino para determinar los tiempos, y caer rápidamente a la red de interconexión, con el fin de dar una plataforma de evaluación de proyectos urbanos en la dimensión de su impacto funcional.
- Analizar la estabilidad o inestabilidad de los patrones de movilidad temporal, para dilucidar si finalmente son parámetros o no.
- Incorporar variables de lógica social, u ambiental para capturar el porcentaje no explicado por la accesibilidad

BIBLIOGRAFÍA

[1] Batty, M; Besussi, E.; Chin, N. "Traffic, urban growth and suburban sprawl" Working paper N 70, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, November 2003 http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers.htm

[2] Batty, M. "Agents, Cells and Cities: New Representational Models for Simulating Multi-Scale Urban Dynamics" Working paper N 65, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, Septiembre 2003.
http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers.htm

[3] Borsdorf, A. "Como modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana". Revista EURE, 2003, vol. 29, nº 86.

[4] Brinckerhoff, P. "Transportation and Land Use Model Integration Program: Overview of the First Generation Models" Oregon Department of Transportation ,August 2001

[5] Castle, C.; Crooks, A. "Principles and Concepts of Agent-Based Modelling for Developing Geospatial Simulations" Working paper N 110, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, Septiembre 2006.
http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers.htm

[6] Figueroa, O. "Infraestructura, servicios públicos y expansión urbana de Santiago", in Santiago en la globalización: ¿una nueva ciudad?: Ediciones Sur y Libros EURE, 2004, p. 243-271.

[7] Galetovic, A. "Santiago donde estamos y hacia donde vamos", Centro de Estudios Públicos, Santiago, 2006. 489 p.

[8] Lautso, K. "Integrated Modelling in Europe with PROPOLIS" Fourth Oregon Symposium on Integrated Land-Use Transport Models, Portland, Oregon, 15-17 November 2005

[9] Martínez, F.J. "Medidas de Accesibilidad para Planificación Urbana" VII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte, Caracas, 1992 (sin actas)

[10] Martínez, F.J. "Access, The Economic Link in Land use Transport Interaction". Proceding International Conference on Travel Behaviour Research. Valle Nevado, Chile, 1994, 391-408.

[11] Nicolau, J.L. "Elección en turismo: aplicación probabilística al turismo español" Tesis doctorales Universidad de Alicante, Alicante 2002
http://descargas.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/79138385090479275532279/017993.pdf

[12] Pozueta, J. "Situación y perspectivas de la movilidad en las ciudades, visión general y el caso de Madrid", Red de cuadernos de investigación urbanística: Editorial Instituto Juan Herrera, 2005. 81 p.

[13] Pozuea, J. “Movilidad y planeamiento sostenible: Hacia una consideración inteligente del transporte y la movilidad en el planeamiento y el diseño urbano”, Red de cuadernos de investigación urbanística: Editorial Instituto Juan Herrera, 2000. 97 p.

[14] Prawda, J. “Técnicas y métodos de investigación de operaciones”, vol 1: Modelos Determinísticos. Editorial Limusa.

[15] Rueda, S. “Modelos de ordenación del territorio más sostenible”, documento de trabajo, Zaragoza, 2001.

[16] Torrens, P. “How cellular models of urban systems work” Working paper N 28, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, November 2000
http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers.htm

[17] Wegener, M. “Integrated Land-Use Transport Modelling Progress around the Globe” Fourth Oregon Symposium on Integrated Land-Use Transport Models Portland, Oregon, 15-17 November 2005

[18] Mascarilla, O. “Mercado laboral y pautas de localización residencial: un modelo teórico y su aplicación al caso del área funcional de Barcelona” Estudios sobre la economía española, Fundación de estudios de economía aplicada, Mayo 2002
http://www.fedea.es/hojas/publicado.html

[19] Nelson, A.; Sanchez, T. “Exurban and suburban households: a departure from tradicional location theory” Journal of Housing Research, 1997, vol 8, 249-276

[20] Moreno, R.; Vayá, E. “Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial” Edicions de la Universitat de Barcelona, 2000, 158p

[21] Wikipedia

[22] Barnes, K., Morgan, J. “Sprawl development: its patterns, consequences, and measurement” Center for Geographic Information Sciences, Towson University
http://chesapeake.towson.edu/download.aps/landscape/urbansprawl/download/sprawl_white_paper.pdf

[23] Galster, J et all 2000 “Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept” Fannie Mae Foundation.

[24] Rodriguez-Bachiller, A, 1986 “Discontiguous Urban Growth and the New Urban Economics: a review”, Urban Studies 2, 79-104.

[25] Aroyo, M, 2001 “La contraurbanización: un debate metodológico y conceptual sobre la dinámica de las áreas metropolitanas” Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, N 97.

[26] Ferras, C. 2007 “El enigma de la contraurbanización. Fenómeno empírico y concepto caotico” EURE vol XXXIII, N 98, 5-25.

[27] Travisi, C., Camagni, R. Nijkamp, P 2006 “Analysis of environmental costs of mobility due to Urban Sprawl – A Modelling Study on Italian Cities” Tinberger Institute Discussion Paper http://dare.ubvu.vu.nl/bitstream/1871/9836/1/06042pdf

[28] Sabatini, F. Cáceres, G. Cerda, J. 2001 “Segregación residencial en las principales ciudades chilenas: tendencias de las tres ultimas décadas y posibles cursos de acción” EURE vol XXVII, N 28, 21-42

[29] Hunt, J.D. et all 2005 “Current Operacional Urban Land-use-transport Modelling Frameworks: a review” Transport Reviews, vol 25, N 3, 329-376.

[30] Aguilera, F. 2006 “Predicción del crecimiento urbano mediante sistemas de información geográfica y modelos basados en autómatas celulares” GeoFocus (artículos), N 6, 81-112.