Tendencias recientes de la organización espacial de los usos del suelo en las grandes ciudades latinoamericanas: el caso del Gran Santiago (Chile)

Recent trends in the spatial organisation of land use in large Latin American cities: the case of Greater Santiago (Chile)

Severino Escolano*

INTRODUCCIÓN: USOS DEL SUELO Y PROCESOS DE REESTRUCTURACIÓN URBANA

En las tres últimas décadas, todas las grandes ciudades latinoamericanas, sin excepción, han registrado procesos de transformación tan intensos que no tienen precedentes comparables desde su fundación. Todas las dimensiones fundamentales que definen a las grandes ciudades han experimentado múltiples cambios, pero algunos sobresalen por su magnitud, como el fuerte crecimiento demográfico, económico, físico y funcional, las metamorfosis de los hábitos de la vida cotidiana de los individuos, las alteraciones de las estructuras socioeconómicas, las modificaciones institucionales, la remodelación de los paisajes urbanos y, en fin, la reorganización de las configuraciones espaciales de la vida urbana. En suma: la fase actual de la evolución en las grandes urbes latinoamericanas se caracteriza por las intensas y generalizadas alteraciones de todo orden, cuantitativas y cualitativas, y además producidas a un ritmo muy acelerado.

* Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio Universidad de Zaragoza (severino@unizar.es).

Santiago, la capital de Chile, representa en sus formas y estructuras la trayectoria seguida por las megaciudades latinoamericanas desde principios de la década de 1980 hasta finales del siglo (2002): la población ha aumentado 1,5 millones de personas y la superficie del espacio urbano casi se ha duplicado en el mismo período de tiempo.

La mayor parte de los trabajos dedicados al estudio de la “ocupación del suelo”, entendida en sentido amplio, en las grandes ciudades latinoamericanas (y en Santiago) se han centrado en el análisis y modelado de la diferenciación residencial de la población en función de categorías socioeconómicas (Borsdorf, 2003; Ford, 1996). Son menos las investigaciones que se han dedicado a explicar y describir las “formas de ocupación” (cobertura), y son muy pocos los trabajos publicados de carácter empírico orientados al modelado de los “usos funcionales del suelo”, entre otras razones por la insuficiencia de datos con la resolución espacial adecuada.

En el contexto delimitado, en este artículo se describe la organización espacial de los usos funcionales del suelo en el Gran Santiago, considerada como una expresión muy genuina del funcionamiento y de la *sociogeografía* de la ciudad, ya que sintetiza muy bien la interacción cambiante entre los agentes urbanos, las circunstancias económicas, la configuración espacial del espacio construido, los estilos de consumo, la composición demográfica, los modos culturales, y una combinación única de políticas públicas. Por eso, la organización espacial de los usos de suelo se puede considerar uno de los indicadores que mejor resumen la intensidad y formas de los procesos de transformación antes nombrados.

Los resultados de este estudio son coherentes con el sentido general de los cambios recientes en las grandes ciudades latinoamericanas. La actual estructura de los usos del suelo se halla en una fase avanzada de transformación de un modelo monocéntrico a otro de tipo celular, más complejo, compuesto por grandes fragmentos monofuncionales nucleados por centros de mayor diversidad e interconectados por los principales ejes de comunicación, de tal manera que forman un todo funcional.

MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS: LA NECESIDAD DE INTEGRACIÓN DE LA TEORÍA

El cuerpo teórico que fundamenta los modelos generales de uso de suelo en las ciudades medianas y grandes es bastante sólido y conocido. Su bagaje teórico procede de la tradición de la geografía económica, de la ecología urbana, y de la microeconomía espacial.

El alcance de las teorías que explican la configuración e intensidad de los patrones espaciales de los usos del suelo urbano, está sujeto a la resolución espacial de las unidades de análisis y a la escala del estudio.

La tradición de la ecología urbana explica la estructura de los usos del suelo de las ciudades, especialmente la distribución espacial de los grupos sociales y grandes tipos de uso, como resultado de la actuación de procesos de *competencia*, *sucesión* y *dominancia*, análogos a los que operan en la naturaleza. La generalización de estos principios se ha formalizado en modelos de uso del suelo urbano ya clásicos, concéntricos (Burgess, 1925; Hoyt, 1939), sectoriales (Hoyt, 1939) y sus derivaciones más complejas (Harris y Ullman, 1945; White, 1987), que están en la base de una rica corriente teórica explicativa de los patrones de uso del suelo urbano.

La teoría de la *utilidad individual* (Alonso, 1964), y sus variantes (Muth, 1969) y alternativas, como la teoría de las *externalidades negativas* (*Blight Flight*) (Follain y Malpezzi, 1981) postulan la formación de un gradiente centro-periferia (*distance-decay*) de la intensidad de la ocupación del suelo urbano por las actividades económicas, a partir de las decisiones individuales de maximización de la utilidad.

Muchas investigaciones llevadas a cabo con datos empíricos en ciudades de diferentes tamaños (físico y demográfico), con bases económicas diferenciadas y en distintos contextos socioculturales y temporales, avalan la consistencia de este modelo intensidad-distancia al centro. Sin embargo (Harvey, 1985, p. 169) señala que los principios de estos modelos son “poco realistas” e insuficientes para explicar los problemas del uso del suelo urbano, pues consideran solamente el “valor de cambio” del suelo pero no el valor de uso, “aunque producen unos resultados que no varían demasiado de la realidad de la estructura urbana. Así pues, estas teorías pueden ser consideradas como caracterizaciones generales, y quizá razonables, de las fuerzas que conforman el uso del suelo urbano. No bastante, hay bases sobre las que esta conclusión provisional puede ser criticada...”.

La teoría del “movimiento natural” (Hillier, 1996) elaborada en el marco de la *sintaxis del espacio* (Hillier y Hanson, 1984) considera que la localización de los diferentes usos del suelo responde a la *configuración* del espacio urbano, entendida ésta como un dominio continuo de movimiento potencial (todos los tipos de vías públicas urbanas) que emerge de la disposición de espacios privados.

La estructura de la red de las calles de las ciudades ejerce cierta influencia sistemática e independiente en los patrones del movimiento de las personas y, en consecuencia, condiciona los usos del suelo urbano (Hillier, 2002; Hillier,

Penn, Hanson, Grajewski, y Xu, 1993). En efecto, los lugares más transitados, es decir, con alto grado de *movimiento natural* atraen actividades, como el comercio al por menor, que dependen del flujo animado de personas y de las facilidades para explorar y comparar precios o productos, en tanto que otras, que no dependen del trasiego de personas, como la residencia, se desplazan a localizaciones de menor grado de *movimiento natural*. Los usos terciarios a su vez atraen a más visitantes, y éstos a nuevos usos, iniciando un ciclo acumulativo que explica la desigual densidad y diversidad de usos en diferentes partes de la ciudad.

Tal vez, parte del *valor de uso* y del *valor de cambio* que los agentes urbanos atribuyen a una localización urbana determinada, así como el precio que están dispuestos a pagar y la renta (o utilidades) que esperan obtener dependan, en cierta medida, de la *forma* del espacio urbano.

No obstante, la mayor parte de estos modelos son fundamentalmente estáticos y no consideran los procesos que generan cambios en los usos del suelo; además, la complejidad actual de las grandes ciudades limita su capacidad explicativa.

La creación de conocimiento teórico para explicar la estructura espacial de los usos del suelo urbano, que integre tanto los valores de uso como los valores de cambio, es más necesaria hoy, si cabe, dada la rápida evolución de las ciudades hacia entidades muy complejas.

Una posible vía para superar la fragmentación teórica en este dominio de estudio se puede encontrar en las “teorías de la complejidad”, que han alcanzado gran relevancia científica para explicar determinados procesos de morfogénesis, desarrollo, etc. de fenómenos de diversa naturaleza, entre ellos las ciudades (Batty, 2003, 2008; Batty y Longley, 1994). En el marco de estas “teorías”, la estructura espacial de los usos del suelo urbano y su evolución podrían explicarse a partir de los siguientes principios: a) las decisiones de los agentes urbanos interaccionan unas con otras y de su mutuo ajuste, básicamente de abajo-arriba, surge el orden; b) las estructuras emergen en los siguientes niveles (escalas: distrito, barrio, ciudad...), pero una vez constituidas son resilientes y tienden a condicionar los procesos que las generaron (por ejemplo, una vez que ha nacido un área comercial tiende a mantenerse y atraer más clientes); y c) sistemas y mecanismos simples en origen pueden producir estructuras y entornos de gran complejidad (por ejemplo la yuxtaposición de establecimientos comerciales en un centro urbano tradicional).

En el marco teórico trazado, en este artículo se describe la organización espacial de los usos del suelo en el Gran Santiago, entendida como una imagen

instantánea inserta en un proceso de cambio espacio-temporal más amplio. Sus contenidos y objetivos se estructuran en cuatro fases principales de investigación, consistentes en:

1. Caracterizar y clasificar las distribuciones espaciales de los distintos tipos de uso del suelo.
2. Identificar los patrones espaciales de uso del suelo a partir de las diferentes combinaciones de tipos de uso (diversidad) en cada sector de la ciudad.
3. Modelar la intensidad de la ocupación del suelo.
4. Interpretar los cambios en el modelo de usos del suelo en el contexto de reestructuración general esbozado

La información básica para alcanzar estos objetivos procede del análisis de los datos empíricos de uso del suelo, efectuado desde un doble enfoque complementario que recoge los contenidos socioeconómicos y espaciales de los usos del suelo urbano; a saber:

- *Horizontal*, por un lado, para descubrir las pautas espaciales de concentración, dispersión y forma de cada una de las categorías de uso de suelo y,
- *Vertical*, por otro, para conocer la articulación conjunta de las distintas actividades (usos) en el espacio urbano.

MÉTODOS Y DATOS

Los datos primarios de esta investigación corresponden a los metros cuadrados que en 2002 ocupaba cada una de las 18 clases de uso utilizadas en el estudio, medidos en las 1.327 *zonas* del Gran Santiago, aunque los datos válidos alcanzan a 1.104 *zonas*. También se ha recogido la localización de las unidades o establecimientos individuales de las principales actividades de cada tipo de uso.

La densidad, multifuncionalidad y la heterogeneidad son conceptos relativos a la escala, y su variación espacial depende de las unidades espaciales de toma de datos. Un método ya habitual para examinar su distribución espacial es mediante el suavizado de los valores por un procedimiento de filtrado (*kernel*) que suaviza los cambios bruscos creados por la toma de datos en unidades arbitrarias discretas (*zonas*, en este caso) (Batty, Besussi, Maat, y Jaap, 2003, p. 4; Moreno, 1991; Thurstain-Goodwin, 2003). Los paráme-

tros utilizados aquí han sido: un filtro circular de un kilómetro de radio (314 ha) y con ponderaciones que siguen una distribución normal; las unidades resultantes son píxeles de 100 metros de lado. Estos parámetros se han adoptado después de varios ensayos, y son los que mejor reflejan los datos de partida.

La *diversidad* se ha asimilado a la *complejidad* contenida en la composición de usos de cada zona y se ha medido a partir de las n probabilidades estructurales de los tipos de uso de cada zona; la información media del estado del sistema de usos –entropía– se ha estimado mediante la ecuación de Shannon y Weaver:

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i \text{ Donde: } i = 1, 2, 3 \dots n;$$

p_i : probabilidad de ocurrencia de un suceso i ; $\sum p_i = 1$

El resultado se expresa en bits/individuo

Esta medida ha sido bastante utilizada en análisis ecológicos y en la valoración de todo tipo de complejidades, por lo que son bien conocidas sus ventajas y limitaciones (Dauphiné, 2003, p. 94 y ss.). Sin embargo, la cantidad absoluta de diversidad depende, en cierta medida, del tamaño de la unidad en la que se mide, y no da cuenta de la densidad. Para eliminar el efecto del tamaño se precisa algún tipo de normalización que permita comparar las distintas cantidades absolutas. El procedimiento consiste en reexpresar el volumen de cada uso de cada zona como proporción de los valores máximos de cada uso, y sumar los resultados. La cantidad resultante es una magnitud de *densidad-diversidad* (Batty et al., 2003, p. 3) y se define:

$d(i, k) = \sum_k (a(i, k) / \max a(i, k))$, que varía entre 0 y K (número de tipos de uso, es decir 18; para el cálculo de la diversidad-densidad no se han incluido los usos: “minería y “eriazó”).

La separación de usos o *fragmentación* se ha medido comparando la composición de cada zona con la estructura media del Gran Santiago mediante el siguiente procedimiento (Batty et al., 2003, pp. 3-4):

$\bar{a}(i, k) \approx a(i, k) / \sum_i a(i, k)$: expresa la proporción de una actividad k en una zona en relación con el valor de toda la actividad en la región, con la que se puede definir es estadístico:

$\tilde{d}(i) \approx \sum_k \bar{a}(i, k)$. La separación o segregación de usos de cada zona se expresa entonces por la suma de las proporciones de cada uso de cada zona menos el promedio de cada actividad en la región: $\bar{d}(i) \approx \sum_k \bar{a}(i, k) - (\sum_k a(ik) / \sum_{ik} a(i, k))$

EL MODELO FUNCIONAL DE LOS USOS DEL SUELO

La estructura funcional de los usos del suelo de las ciudades entraña un sistema complejo y dinámico de interacciones entre las actividades y la forma física del espacio urbano (red de calles y de movimiento en general, tamaño y distribución de los edificios, etc.).

Cada unidad de uso del suelo (un establecimiento comercial, una oficina) ocupa una localización, no necesariamente óptima, en el espacio urbano, y se relaciona con las demás mediante flujos de información, de bienes y de personas. Cada tipo de actividad tiene un conjunto específico de requisitos para que sea viable, entre los que destacan las relaciones con las demás actividades (incluidas las población, como comprar) y con los sistemas de transporte. El proceso de ajuste permanente de la localización de las actividades y la estructura física del espacio urbano, genera un patrón funcional de usos del suelo.

La descripción del modelo funcional de usos del suelo comprende dos niveles: uno, referido a cada una de las actividades, que son caracterizadas por la forma y relaciones espaciales de su distribución; otro, centrado en el espacio, para conocer el modo en que se agrupan y combina los diferentes usos en cada zona del espacio urbano.

Funciones, forma y relaciones espaciales de las distribuciones de los usos del suelo

Los valores absolutos de la superficie ocupada por cada uso del suelo carecen en si misma de significación, si no se comparan con datos de la misma naturaleza, pero son imprescindibles para interpretar el grado de concentración o dispersión espacial de las actividades (tabla 1).

En general, las actividades que ocupan mayor superficie tienen, *a priori*, mayor probabilidad de distribuirse regularmente por el espacio urbano, pero no ocurre así en todos los casos. En efecto, las tendencias a la concentración o dispersión dependen también de la naturaleza de la actividad (figura 1).

Los usos del suelo de las actividades relacionadas con el abastecimiento de bienes y servicios de consumo cotidiano a la población presentan las pautas de distribución más homogéneas y diseminadas en el espacio urbano, como el propio uso residencial y el dedicado a áreas verdes, incluso aunque la superficie total será moderada, como el caso del uso deportivo.

TABLA 1
DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE LOS TIPOS USOS DEL SUELO EN EL
GRAN SANTIAGO. 2002

Tipo de uso	Superficie total (m ²)	Porcentaje total (m ²)	Tipo de uso	Superficie	Porcentaje
Minería	482	0,00	Estacionamiento	1.713.532	1,51
Eriazo	5.728	0,01	Almacenamiento	1.727.760	1,53
Transporte	135.353	0,12	Educación	2.968.389	2,62
Deporte	227.980	0,20	Servicios	3.933.580	3,47
Hotel, motel	478.413	0,42	Oficina	5.168.592	4,56
Admon. pública	541.172	0,48	Industria	8.177.382	7,22
Culto	615.656	0,54	Comercio	10.322.112	9,11
Salud	724.368	0,64	Área verde	11.750.693	10,37
Otros	1.285.880	1,14	Residencial	63.509.451	56,06
Total usos				113.286.523	100,00

Otros usos se distribuyen más concentrados en determinados sectores de la ciudad, (expresado en otros términos: están más *amontonados*). Algunos usos muestran dependencias funcionales específicas de accesibilidad o de espacio, como los relacionados con la producción y la distribución, y otros buscan lugares de alto valor simbólico y máxima accesibilidad (instituciones, hoteles, oficinas), o bien combinan los factores anteriores con necesidades especiales de superficie y del entorno (salud, educación) (figura 1).

Una dimensión fundamental asociada a la forma de las distribuciones espaciales de cada tipo de uso, surge del conjunto de ligaduras que mantienen las diferentes actividades, que se materializan en los flujos de personas, bienes e información (figura 2). Una tipología útil de las actividades según su naturaleza y tendencias de co-localización es la siguiente:

- *Actividades cotidianas*. En general se distribuyen en el espacio urbano con cierto grado de regularidad, no exento de concentraciones a escala local. Estas actividades generan, a partir de los lugares de residencia de la población, patrones diarios de movimiento bastante estables (desplazamientos al trabajo, para comprar, etc.). Los usos residenciales, comerciales y de ocio, forman un patrón coherente, cuya manifestación espacial puede considerarse como zonal: las relaciones se pueden medir entre áreas del espacio urbano.

m ² (M)	Tipo de uso	Concentración → Dispersión		Fragmentación
< 1M	Transporte	→		Baja
	Deporte	→	→	Moderada
	Hotel, motel	→		Baja
	Admon. pública	→		Baja
	Salud	→	→	Baja
1M- 10M	Estacionamiento	→	→	Baja
	Almacenamiento	→	→	Moderada
	Educación	→	→	Baja
	Servicios	→	→	Baja
	Oficina	→	→	Baja
	Industria	→	→	Moderada
10M- 65M	Comercio	→	→	Elevada
	Área verde	→	→	Elevada
	Residencial	→	→	Elevada

M: Millones.

Dispersión: La dispersión está expresada por los valores de la superficie de la elipse de 1 desviación típica.

Fragmentación espacial: La fragmentación se ha estimado a partir del número de fragmentos que recogen el 50% del volumen de las funciones de densidad calculadas con el método *kernel*.

FIGURA 1. Algunas características de las distribuciones espaciales de los usos del suelo en el Gran Santiago. 2002

- *Actividades institucionales y servicios.* Se localizan en emplazamientos específicos, ya que se relacionan con segmentos determinados de la población o de actividad económica. El sistema de flujos que producen requiere (y forma) un entorno urbano de elevada centralidad y alto valor simbólico (instituciones, sedes centrales de empresas), o bien se asocia a un estilo de vida (deporte, ocio), o tienen necesidades especiales (salud, educación).
- *Actividades productivas.* Estas actividades conforman una red compleja de relaciones entre las diferentes funciones de producción, de almacenamiento y distribución, de gestión de administración, de control y decisión, etc. Algunas se asocian a condiciones locales específicas, pero otras dependen de vínculos regionales, nacionales o mundiales. Por eso, el patrón de uso de suelo de estas actividades puede responder a procesos urbanos, nacionales o internacionales. Su conexión funcional se traduce en que también comparten los mismos sectores espaciales, pueden ocupar localizaciones disjuntas: los usos industriales apenas se solapan con los de decisión y control de la producción.

FIGURA 2. Densidad de usos del suelo según tipos en el Gran Santiago. 2002

FIGURA 2. Densidad de usos del suelo según tipos en el Gran Santiago. 2002 (cont.)

FIGURA 2. Densidad de usos del suelo según tipos en el Gran Santiago. 2002 (cont.)

No obstante el alto grado de permanencia de las estructuras de uso del suelo, desde hace unas décadas se están produciendo transformaciones intensas en los modos de interacción entre los diferentes actividades, debido a las nuevas tecnologías de la información (gestión, administración y compras por medios electrónicos a distancia,...) y por la ampliación y mejora de las infraestructuras de transporte (nuevos cinturones viarios y líneas de metro, incremento de la motorización, autopistas urbanas de pago). Estos cambios, a su vez, se reflejan en los nuevos patrones espaciales de uso del suelo.

Concentración y fragmentación espacial de la heterogeneidad de los usos del suelo

La mezcla y acumulación de diferentes usos del suelo en cada sector de la ciudad es un buen indicador de la naturaleza socioeconómica y funcional de cada parte del espacio urbano, pero también se relaciona con la fisionomía, la animación y el valor simbólico de los lugares urbanos.

La distribución de los conglomerados de usos del suelo en el espacio urbano no es aleatoria, sino que presenta patrones más o menos definidos; por ejemplo: la mayor parte de los usos dedicados a servicios y comercio se concentran en un área de radio de unos 6 kilómetros en torno al centro urbano (plaza de Armas) (figura 3).

Para identificarlos y medirlos, en esta primera aproximación utilizamos la magnitud *H* (diversidad) calculada con el procedimiento antes indicado. La *diversidad* puede interpretarse como una medida de la complejidad de las mezclas de usos del suelo, y como capacidad multifuncional que expresa la riqueza o pobreza de las interacciones socioeconómicas. En definitiva, los valores de la diversidad modelan la heterogeneidad u homogeneidad, la monofuncionalidad o multifuncionalidad de las áreas urbanas.

De la diversidad, se ha considerado pertinente examinar dos dimensiones complementarias: por una parte, su intensidad relativa (densidad) y, por otra, el grado de diferenciación de cada sector respecto del promedio de Gran Santiago (*separación o segregación de usos*).

El valor absoluto de la diversidad depende del tamaño de las unidades espaciales (*zonas*) utilizadas para su cálculo. Como la superficie de las zonas difiere bastante una de otra, las comparaciones de los valores absolutos son inviables; por eso, hemos utilizado la *densidad de la diversidad* (diversidad absoluta/100.000 m²).

FIGURA 3. Composición de los usos del suelo en relación con la distancia al centro en el Gran Santiago

La distribución espacial de esta última magnitud (*densidad-diversidad*) compone un modelo fragmentado en torno a un gran núcleo de centralidad extendido desde el centro hacia el nororiente de la ciudad (figura 4).

En general, la topografía de la diversidad-densidad se organiza del modo siguiente (figura):

- La diversidad más acusada emerge en el núcleo de centralidad tradicional (CBD) que se prolonga por el sector nororiental (Providencia). Los dos valores más elevados se localizan en el “centro del centro” (comuna de Santiago) y el siguiente en el noreste, en una zona de Las Condes.
- Un aspecto destacable por su novedad es la aparición de altos valores de diversidad de la periferia, en torno a los nodos de comunicación (Quilicura, Maipú, Puente Alto).
- Algunos racimos de valores medios se localizan en el pericentro (San Miguel) y en comunas de la periferia (La Cisterna, La Granja, La Florida, La Reina).
- El resto del espacio lo forma una matriz de áreas mono-funcionales de baja diversidad.

Si se compara el perfil de usos de cada zona (la mezcla de usos), con el perfil medio de la ciudad, la imagen resultante (segregación de usos) refuerza y precisa el modelo previamente descrito (figura 4).

FIGURA 4: *Densidad-diversidad y separación (segregación) de los usos del suelo en el Gran Santiago. 2002*

En efecto, la distribución espacial de la segregación o separación de usos conforma un modelo fragmentado, con contrastes bruscos. El nódulo principal forma una mancha longitudinal continua que se extiende desde el centro histórico hasta las comunas del noreste (Providencia, Las Condes, Vitacura); el resto de valores altos se agrupa en islotes secundarios localizados en el peri-centro y en la periferia, en encrucijadas viarias de alta accesibilidad (La Reina, La Florida, La Granja, Puente Alto, Maipú, Quilicura y Renca).

Las configuraciones descritas evidencian la actuación de fuerzas que tienden a disgregar un modelo de uso del suelo monocéntrico bastante compacto, que evoluciona hacia otro policéntrico. Esta tendencia es coherente con los procesos de suburbanización en marcha, y otros más recientes de post-suburbanización.

Tipología de la estructura de los usos funcionales del suelo

Otro modo más intuitivo de caracterizar la acumulación de usos del suelo en cada sector de la ciudad consiste en construir una tipología compuesta por

categorías sintéticas, que resumen la combinación de mezclas en cada una de las unidades de análisis (*zonas*).

El objetivo persigue agrupar los dieciocho tipos de uso del suelo en *tipos o clases* según el perfil que presenta cada zona. Para ello se ha utilizado el procedimiento de búsqueda de conglomerados (cluster) *K-medias* aplicado a los datos porcentuales de cada tipo de uso en cada zona, para referirlos a una escala común (la suma de metros cuadrados de todos los usos en cada zona es igual a cien). Este mismo procedimiento es empleado por (Harts, Maat, y Zeijlmans, 2000) con variables de uso del suelo, número de edificios, metros cuadrados o establecimientos de venta al por menor y densidades para identificar y delimitar “ambientes urbanos” (*urban environments*) en Holanda.

Se han realizado varios ensayos de agrupamiento con distinto número de clases; los resultados más apropiados desde el punto de vista técnico y real producen las categorías que se representan en el mapa de la figura 5.

1. *Áreas de comercio y servicios*. En las 106 zonas de este grupo predominan los usos *comerciales*, de *servicios* y de *hotel y motel* que llegan a ocupar entre el 70 y el 100% del suelo. El uso residencial es bajo, y apenas alcanza el 30% como máximo. Si a la mezcla de usos se añade la densidad, entonces se diferencian claramente dos subgrupos.
 - a. Uno está integrado por las zonas de más alta densidad de ocupación del suelo del Gran Santiago y conforma el “centro metropolitano”. Este sector constituye el principal núcleo de centralidad, y el espacio construido está ocupado casi totalmente por actividades especializadas de comercio y servicios: muchos edificios, en no pocas ocasiones rascacielos singulares de 20, 30 o más plantas, albergan oficinas, comercios, hoteles, sedes centrales de empresas o servicios de la administración pública, y otorgan un carácter peculiar al paisaje urbano. En este sector central de Santiago el movimiento y la ocupación del suelo se hallan *intensificados* a través de un denso sistema de pasajes y galerías que atraviesan las manzanas de los edificios y forman una red peatonal –y de comercios– paralela a la de las calles. Algunos tramos, o calles completas, como: Bandera, Ahumada, Estado, San Antonio, MacIver, Alameda, Moneda, Hérfanos, Monjitas, Compañía... constituyen ejemplos prototípicos de esta categoría. Hacia el noreste prosigue un eje con estas actividades que acaba en Lo Barnechea y están bien representadas en Providencia; la densidad y diversidad aquí es menor, lo que no significa que no aparezcan concentraciones que por su elevada especialización y formas

FIGURA 5. Tipología de la estructura de los usos del suelo en el Gran Santiago. 2002

- arquitectónicas espectaculares constituyen verdaderos centros sub-centros de carácter metropolitano.
- b. El otro está formado por zonas de baja densidad, aisladas y dispersas, pero que se localizan siguiendo patrones definidos por la buena accesibilidad: unas cuantas bordean la circunvalación A. Vespucio, y las restantes se encuentran en los límites de la ciudad compacta, formando núcleos de centralidad a veces en torno a un *mall* u otras agrupaciones espaciales de comercio y servicios (Huechuraba, Renca, Maipú, El Bosque, La Pintana y Puente Alto).
2. *Áreas especializadas*. Con las unidades de análisis utilizado sólo aparecen cuatro zonas en esta categoría, cuya superficie está ocupada en 2/3, o totalmente, por usos *educativos* (tres zonas) o por los dedicados a *administración pública y defensa*; dos zonas, contiguas, se sitúan en el pericentro (son vecinas por el oeste de la comuna de Santiago) y las otras dos, también adyacentes entre sí, se localizan en La Pintana y están ocupadas por *usos educativos*. Otras dos zonas están especializadas en *otros usos*.
 3. *Áreas para la producción*. Están formadas por 42 zonas cuyo suelo está ocupado principalmente por fábricas, (a veces el 100% de la zona) talleres, y almacenes; el uso residencial es subordinado y no sobrepasa el 30%. Su localización sigue patrones sectoriales relativamente sencillos: las zonas más especializadas en industria se disponen en torno a los principales ejes de comunicación nacional y regional, en los límites de la ciudad compacta (en el noreste bordeando la Panamericana; al oeste y al sur entre la Panamericana Sur y la autopista del Sol en las comunas de Maipú y San Bernardo), las restantes zonas se encuentran principalmente en el *pericentro y pericentro distante* (Estación Central, Cerrillos, Macul) donde se ubican, sobre todo, usos de transporte (estaciones de autobuses y de ferrocarril) y de almacenamiento
 4. *Áreas residenciales*. Las 857 zonas de esta clase se caracterizan por el uso dominante dedicado a viviendas. En función de la proporción ocupada por este tipo de suelo se han distinguido dos subgrupos:
 - a. *Suelo residencial I*: en este tipo las viviendas ocupan hasta 80% del suelo (en promedio 65%), por lo que suelen estar presentes otros usos como los de comercio y servicios de proximidad (pequeño comercio mixto, bares, lavanderías) y algunos equipamientos (escuelas, centros de salud). En general, las zonas de este grupo se localizan en la periferia, pero la calidad y dotación de las viviendas son bien distintas, en cuanto superficie y equipamiento, entre el norte y noreste y el resto.

- b. *Suelo residencial II*: el suelo destinado este uso puede ocupar el 100% una zona (en promedio asciende al 88%) por lo que resta pocas superficie para destinar otros usos asociados con las viviendas. Las zonas de este tipo se localizan, de forma más o menos continua, en el *pericentro* y *pericentro distante*; no obstante, existen grandes diferencias de calidad entre el sector noreste y el resto, en especial con los del oeste y sur de la ciudad, que en ocasiones presentan carencias manifiestas de infraestructuras y equipamientos.

En términos generales, parece pertinente afirmar que el modelo descrito revela signos inequívocos de conformación de un esquema funcional polinuclear y del incremento de la fragmentación espacial

MODELO DE LA ORGANIZACIÓN ESPACIAL DE LA INTENSIDAD DE LOS USOS DEL SUELO

De modo general, la organización espacial de la intensidad (densidad) de uso del suelo muestra un gradiente descendente desde el “distrito central de negocios” (CBD), que coincide con el centro histórico y su entorno, hacia la periferia. No obstante, el grado de asociación entre la variables *densidad de uso* y *distancia al centro* depende, en cierta medida, de la resolución de las unidades de toma de datos y de los métodos de ajuste utilizados.

Los datos de partida se representan en la figura 6 y reflejan la existencia del mencionado gradiente centro-periferia, así como la presencia de discontinuidades bruscas creadas por las unidades discretas de toma de datos. También se aprecia que las variaciones espaciales no forman coronas concéntricas, sino que siguen patrones sectoriales.

Si generalizamos estos valores mediante un procedimiento como es el trazado de coronas en torno al centro (Plaza de Armas), en este caso con un radio de 1, 2, 3... 23 kilómetros, entonces la pendiente se regulariza bastante y se ajusta muy bien con una función exponencial negativa, cuya correlación intensidad-distanciar es muy elevada ($R=0,94$) (figura 7).

Sin embargo, la precisión del ajuste descende cuando se aplica a una muestra de las densidades calculadas por un estimador *kernel*, ($r = 0,75$; significativo al 95%), y la tendencia general, que se mantiene, se ajusta mejor con una función logarítmica; los residuales evidencian alteraciones locales de cierta importancia localizadas en el pericentro y en los límites de la ciudad compacta (figura 2). Es decir, la intensidad de ocupación del suelo decae rápi-

FIGURA 6. Usos del suelo por zonas en el Gran Santiago. 2002

FIGURA 7. Relación entre la densidad de usos del suelo y la distancia al centro en el Gran Santiago. 2002 15000

damente en las inmediaciones del centro, y a partir de una distancia de unos cinco km del centro, decrece con suavidad.

El perfil total está compuesto por las “signaturas” correspondientes a cada tipo de uso (figura 7), cuya distribución espacial posee gradientes propios, en función de los factores fundamentales que orientan su localización (Escolano y Ortiz, 2005).

Los gráficos sugieren que la organización de las densidades de ocupación del suelo está gobernada por la distancia al centro, pero que también intervienen otras fuerzas como la accesibilidad, el valor simbólico de cada sector y la

distribución de la población (y de sus características demográficas, económicas y culturales) que da lugar a patrones independientes, dispersos o nucleados.

El mapa y los transeptos de la figura 8 muestran que la planta de la organización espacial de las densidades de uso del suelo no sigue un patrón de coronas concéntricas (como pudiera desprenderse del gráfico de la figura 3), sino otro aproximadamente elíptico, cuyos valores más elevados, que forman el eje mayor, se extienden desde el centro hacia el noreste (comunales de Providencia y Vitacura principalmente). Además, las variaciones no son continuas, sino que presentan alguna discontinuidad producida por los islotes más o menos periféricos (San Joaquín, La Granja, Maipú; Renca, Quilicura, Huechuraba).

FIGURA 8. Distribución espacial de la densidad de uso del suelo en el Gran Santiago. 2002

El modelo actual de usos del suelo se encuentra en una fase de transición, desde una estructura funcional y espacial monocéntrica bastante compacta, a otra mono-policéntrica, caracterizada por el dominio del centro tradicional

compartido por el, por su reflejo especializado del noreste, y por la presencia de núcleos secundarios de centralidad periférica. Es imprescindible remarcar la coherencia de esta evolución con otras transformaciones socioeconómicas que definen un proceso avanzado de suburbanización.

CONSIDERACIONES FINALES: FRAGMENTACIÓN Y POLICENTRISMO DEL MODELO DE USOS DE SUELO

El modelo espacial del Gran Santiago está registrando las últimas décadas cambios estructurales, patentes en todos los componentes que lo definen y observables por doquier en el espacio urbano, pero con mayor intensidad en el centro histórico y en la periferia.

Determinados fenómenos de gran alcance en la vida urbana del Gran Santiago, como el incremento de la polarización socioespacial, la proliferación de “comunidades cerradas” (Hidalgo y Borsdorf, 2005) y “*megaproyectos*”, (Borsdorf y Hidalgo, 2005), la aparición de nuevos núcleos de centralidad en la periferia, constituyen otras tantas manifestaciones de un único proceso, ya maduro, de suburbanización.

La configuración espacial de los usos del suelo, que es un componente más del sistema socio espacial, no ha escapado a este movimiento, y tanto la forma como la función que entrañan los usos de suelo, han experimentado grandes transformaciones acordes con las del resto de los elementos de la organización espacial urbana (Escolano y Ortiz, 2006). Algunas transformaciones son evidentes en el paisaje del centro y de la periferia, como la presencia de rascacielos, complejos de comercio (*malls*) y centros empresariales, autopistas urbanas y otros “artefactos de la globalización” (De Mattos, 1999) que forman parte de la silueta (*skyline*) del Gran Santiago.

En general, estos cambios se explican por la gran pujanza económica de Chile y la “modernización” de los hábitos de consumo, por la flexibilización de las regulaciones socioeconómicas, en especial las de la planificación urbana y de las relaciones capital-trabajo, y por la gran capacidad de actuación de algunos agentes locales, nacionales e internacionales.

En lo que a los usos del suelo se refiere, tal vez en la alteración más importante del modelo tradicional, confirmada por los datos que utilizamos aquí (2002), consista en la aparición de núcleos importantes de actividad en la periferia urbana, principalmente de comercio y servicios para la producción y el consumo, aprovechando la gran accesibilidad de los nodos de comunicación.

FIGURA 9. Elementos y modelo de la estructura funcional del Gran Santiago. 2002

Está “centralidad periférica” tiene algunas ventajas, pues constituye una oportunidad para acercar los servicios y equipamientos a la población de la periferia y a las áreas más desfavorecidas, para reducir la segregación socioespacial y mejorar la equidad territorial, y para contener un poco la desaforada disgregación del tejido urbano.

Sin embargo, esta estructura espacial también entraña inconvenientes y produce efectos negativos; por ejemplo: impulsa la dispersión residencial periférica, induce a la despoblación y deterioro de ciertas áreas del centro histórico, produce acumulación de comercios y servicios en reductos aislados en medio de paramos de homogeneidad y baja diversidad.

El balance del funcionamiento de éste modelo mono-policéntrico, desastroso o positivo, depende del grado de orden con el que funcione: si es aleatorio los desplazamientos de personas y mercancías se maximizan (figura 9), si está organizado, éstos se reducen considerablemente. (Bertaud, 2001, p. 4),

La situación más probable es la primera, pero el planeamiento dispone, precisamente, de instrumentos como el desarrollo de uso del suelo o la construcción de infraestructuras y otros, para alcanzar los objetivos de la política urbana.

Una estrategia viable podría consistir en aprovechar la estructura polarizada y periférica existente y convertir los núcleos de comercio y servicios, ahora aislados, en “áreas de centralidad” (como se ha hecho, por ejemplo, en Barcelona) para irradiar e integrar mejor estos centros con el entorno. La disposición física del espacio construido lo permite, con cierta facilidad al menos en el tejido creado hasta los años setenta del siglo pasado; el espacio urbano desarrollado recientemente tiene otra configuración (unidades muy grandes, recintos vallados, otra estructura irregular de la red de calles que dificulta la difusión espacial de la centralidad. En todo caso, la realidad del modelo actual y su funcionamiento parece abocada a la formación de *postsuburbia*.

Recibido: 19/12/2008

Aceptado: 03/03/09

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, W. (1964): *Location and land use: toward a general theory of land rent*. Cambridge: Harvard University Press.
- Batty, M. (2003): The Emergence of Cities: Complexity and Urban Dynamics. *Journal*, 64. Retrieved from <http://www.casa.ucl.ac.uk>.
- Batty, M. (2008): Cities as Complex Systems: Scaling, Interactions, Networks, Dynamics and Urban Morphologies. *Journal*, 131. Retrieved from <http://www.casa.ucl.ac.uk>.
- Batty, M., Besussi, E., Maat, K. y Jaap, J. (2003): *Representing Multifunctional cities: Density and Diversity in Space* (Vol. 71). London: Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA).
- Batty, M. y Longley, P. (1994): *Fractal Cities. A Geometry of Form and Function*. London: Academic Press.
- Bertaud, A. (2001): Metropolis: A Measure of the Spatial Organization of 7 Large Cities, 22. Borsdorf, A. (2003). Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana. *Eure*, 29(86), 37-49.
- Borsdorf, A. y Hidalgo, R. (2005): Los mega-diseños residenciales vallados en las periferias de las metrópolis latinoamericanas y el advenimiento de un nuevo concepto de ciudad. Alcances en base al caso de Santiago de Chile. *Journal*. Retrieved from www.ub.es/geocrit/7-col.htm
- Burgess, E. (1925): The growth of the city. In R. Park & E. Burgess (Eds.), *The City* (pp. 47-62). Chicago: Chicago University Press.
- Dauphiné, A. (2003): *Les théories de la complexité chez les géographes*. París: Anthropos.
- De Mattos, C. (1999): Santiago de Chile, globalización y expansión metropolitana: lo que existía sigue existiendo. *EURE*, XXV(76), 29-56.

- Escolano, S. y Ortiz, J. (2005): La formación de un modelo policéntrico de la actividad comercial en el Gran Santiago (Chile). *Revista de Geografía Norte Grande* (34), 53-64.
- Escolano, S. y Ortiz, J. (2006): Processus de fragmentation des structures spatiales du Grand Santiago (Chili). *Revue Geographique de L'Est*, XLV(3-4), 195-208.
- Follain, J. R. y Malpezzi, S. (1981): The flight to the suburbs: Insights gained from an analysis of central city vs suburban housing cost. *Journal of Urban Economics*, 9 (381-398).
- Ford, L. (1996): A new and improved model of Latin American city structure. *The Geographical Review*, 86(3), 437-440.
- Harris, J. y Ullman, E. (1945): The nature of cities. *Annals of the American Academy of Political Science*, 242, 7-17.
- Harts, J. J., Maat, C. y Zeijlmans, M. (2000): *Urban Density and Land Use in The Netherlands*. Paper presented at the 3th AGILE Conference on Geographic Information Science.
- Harvey, D. (1985): *Urbanismo y desigualdad social* (3ª ed.). Madrid: Siglo xxi de España Editores.
- Hidalgo, R. y Borsdorf, A. (2005): Barrios cerrados y fragmentación urbana en América Latina: estudio de las transformaciones socioespaciales en Santiago de Chile (1990-2000): In R. Hidalgo, R. Trumper & A. Borsdorf (Eds.), *Trasformaciones urbanas y procesos territoriales. Lecturas del nuevo dibujo de la ciudad latinoamericana* (pp. 105-122). Santiago: Academia de Ciencias Austriaca y Okanagan University College.
- Hillier, B. (1996): *Space is the Machine*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hillier, B. (2002): A theory of the city as object: or, how spatial laws mediate the social construction of urban space. *Urban Design International*, 7(3-4), 153-179.
- Hillier, B. y Hanson, J. (1984): *The social logic of space*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T. y Xu, J. (1993): Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. *Environment and Planning B*, 20(1), 29-66.
- Hoyt, H. (1939): *The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities*. Washintong, DC: Federal Housing Administration.
- Moreno, A. (1991): Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 30, 155-170.
- Muth, R. F. (1969): *Cities and Housing*. Chicago: University of Chicago.
- Thurstain-Goodwin, M. (2003): Data surfaces for a new policy geography. In P. A. Longley & M. Batty (Eds.), *Advanced spatial analisis. The CASA book of GIS*. Redlands: ESRI Pres.
- White, M. (1987): *American Neighborhoods and Residential Differentiation*. New York: Russell Sage Foundation.

RESUMEN

Todas las grandes ciudades latinoamericanas han registrado durante las tres últimas décadas profundos procesos de transformación que han afectado a su base económica, a sus estructuras sociales, y a su organización espacial y funcional. La configuración de los usos del suelo, que sintetiza bien la interacción entre los agentes urbanos, ha sido una de las dimensiones tocadas por los movimientos de cambio. La hipótesis aquí sustentada mantiene que el modelo tradicional monocéntrico, caracterizado por un gradiente descendente centro-periferia de la intensidad de los usos del suelo, está evolucionando hacia otro mono-policéntrico.

Del examen de los resultados se puede concluir que la estructura tradicional de los usos del suelo se encuentra en una fase transicional de fragmentación que dará lugar a un modelo más complejo. El nacimiento de núcleos periféricos de elevada intensidad de uso del suelo comercial y de servicios, así como el considerable refuerzo de un sector adyacente al centro histórico tradicional, confirman que la configuración actual de la estructura de los usos del suelo está gobernada no sólo por distancia al centro urbano, sino también por otros factores, cómo la accesibilidad y el status socioeconómico.

PALABRAS CLAVE: modelo de usos del suelo; ciudades latinoamericanas; monocéntrico; fragmentación; sistemas de información geográfica.

ABSTRACT

All large Latin American cities have registered, during the three last decades, deep transformation processes that have affected its economic base, its social structures, and its spactial and functional organization. The configuration of land uses, that syntehizes very well the interaction between the urban agents, has been one of the dimensions touched by these movements of change. The hypothesis upheld in the following article puts forward the view that the mono-centric traditional model, characterized by a descending centre-peripheral land use intensity gradient, is evolving towards a mono-multicentral one.

We can conclude from an examination of those results that the traditional structure of land use has been affected by fragmentation processes which give rise to a more complex model. The appearance of peripheral nuclei characterized by high intensity use of land aimed at both the commercial and service sectors, in addition to the considerable rise in that sector adjacent to the traditional old quarter, confirms that the present structural configuration of land use is determined not only by the distance to the city centre, but also by other factors such as accessibility and socio-economic status.

KEY WORDS: land use model; Latin-American cities; mono-centric model; fragmentation; geographical information systems.

RÉSUMÉ

Toutes les grandes villes latino-américaines ont subi au cours des trente dernières années de profonds processus de transformation qui ont affecté sa base économique, ses structures sociales et son organisation spatiale et fonctionnelle. La configuration de l'utilisation du sol, qui synthétise bien l'interaction entre les agents urbains, est une des dimensions qui ont été affectées par les mouvements de changement. L'hypothèse ici défendue soutient que le modèle traditionnel monocentrique, caractérisé par un gradient descendant centre-périphérie de l'intensité des différentes utilisations du sol, est en train d'évoluer vers un autre modèle mono-polycentrique.

Après avoir analysé les résultats, on peut conclure que la structure traditionnelle de l'utilisation du sol est dans une phase transitionnelle de morcellement qui entraînera un modèle plus complexe. L'apparition de noyaux périphériques avec une intensité élevée de l'utilisation du sol commercial et de services, ainsi que le renforcement considérable d'un secteur adjacent au centre historique traditionnel, confirment que la configuration actuelle de la structure de l'utilisation du sol est déterminée non seulement par la distance au centre urbain mais aussi par d'autres facteurs, tel que l'accessibilité et la position socio-économique.

MOTS CLÉS: modèle d'utilisation du sol; villes latino-américaines; monocentrique; morcellement; systèmes d'information géographique.