

LA TELEDETECCION Y LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICAS PARA LA REAGRUPACION ESPACIAL DE DATOS ESTADISTICOS EN MEDIO URBANO.

Gwendoline Sardinha de Oliveira Neves

Doctora en Ciencia, especializada en Geografía Humana por la Universidad Joseph Fourier – Grenoble – Francia

Departamento de Geografía Humana de la Universidad de Sevilla

La utilización de la teledetección en el estudio del medio urbano se puede plantear de tres maneras distintas. Lo más usual es utilizar esta herramienta para medir las características biofísicas de la superficie basándose en las especificidades, las propiedades y los distintos estados de las superficies mediante la medida de la reflectancia, reproduciendo así los métodos que se han ido desarrollando en el análisis del medio natural. Pero, se puede ir más allá en este planteamiento y utilizar la teledetección como una herramienta básica en materia de descripción urbana utilizando la para medir la densidad urbana y destacar la morfología mediante la utilización de operadores texturales aplicados a imágenes de alta resolución LANDSAT TM, SPOT XS y ahora, IRS. Asimismo, puede intervenir, como un indicador complejo y bastante fiable en el proceso de agrupación y desagrupación espacial de datos estadísticos expresados con indicadores paisajísticos. En efecto, sabemos que el tratamiento de datos agregados plantea de forma compleja el problema de la heterogeneidad espacial y más concretamente en un medio urbano muy heterogéneo. La teledetección utilizada conjuntamente con los Sistemas de Información Geográficas puede aportar un principio de solución gracias a sus características peculiares.

El proceso de agrupación de datos por si mismo transforma bastante la información recogida porque se pasa de una unidad elemental de observación a una unidad espacial acordada a un nivel de agrupación geográfico. La representación de datos a varias escalas lleva a extrapolar una población censada en una zona a la superficie total de otra demarcación más amplia en la cual se encuentra incluida con otros datos que a veces ya no la caracteriza. Así, por ejemplo, excluir las zonas no pobladas a partir de una imagen y calcular la densidad de las otras teniendo en cuenta, única y exclusivamente, las zonas edificadas susceptibles de ser habitadas, ilustra más fácilmente la realidad urbana de la distribución espacial de la población. La presencia o la ausencia de población así como su

caracterización están estrechamente relacionada con la descripción y la definición de los espacios construidos. Pero podemos ir más allá: un buen conocimiento cartográfico de la morfología urbana permite disponer de una base de sondeo de calidad compuesta de secciones identificadas y consolidadas, así como estratificar la ciudad con el fin de obtener un desglose espacial significativo de su composición social.

Para realizar un primer análisis del medio urbano¹ se necesitan tres grandes tipos de información. El primero se refiere a la población y, en consecuencia a la función de lo edificado; el segundo depende, de alguna manera, del primero y tiene que ver con los datos económicos: tipos de actividades y empleos; y el último, ilustra el aspecto jurídico y reglamentario del soporte espacial. Estas informaciones las suministran los organismos difusores. Están inscritas en unos marcos espaciales impuestos, cuyos niveles de organización de información varían en función de las necesidades de los medios y de las posibilidades de éstos. En el marco de un estudio comparativo, temporal y/o espacial de la ciudad, es necesaria una reflexión profunda sobre las informaciones obtenidas en función de las divisiones disponibles. Las escalas de síntesis, los procedimientos de recogida de información o de difusión pueden variar de un organismo a otro, de una época a otra dependiendo de las necesidades del momento o de la dinámica de extensión de sistemas urbanos. Así, no resulta tan sencillo demostrar, a partir de estos datos heteróclitos, las fuerzas sociales que forman las entidades socioespaciales a través de unas unidades de análisis que no se comunican las unas con las otras. Intentar comprender la organización de la población por lo que se trasluce en el paisaje construido y por la práctica de los ciudadanos, reducida a una observación elemental erigida sobre un abanico de puntos de vista arbitrariamente selectivos, es, por lo tanto, imposible.

No obstante, el hecho de que existan ciertas relaciones entre el aspecto físico de un barrio y las características de la población que allí reside, abre a la teledetección el campo de las aplicaciones que tienen relación con el ámbito social. La información suministrada por el satélite puede servir de vector de observación en un procedimiento de producción de información demográfica o socioeconómica.

La mayoría de las pruebas que se han desarrollado hasta ahora fueron en África y América del Sur, con el fin de responder a necesidades inminentes en materia de crecimiento urbano y su ordenamiento. Pocas investigaciones, entre las cuales las llevadas a cabo por C. WEBER, han intentado redistribuir espacialmente el censo y, estos experimentos han

¹ "Télédétection et systèmes d'information urbains", bajo la dirección de DUREAU F. y WEBER C., *Villes, Anthropos*, París, 1995, p.379

tenido lugar en alguna ciudad del norte de Europa, muy estructurada, en la que las estadísticas socioeconómicas y demográficas tienen ya una larga historia. Pero, una cosa es cierta, en todos los estudios que se han hecho en este sentido, la información buscada no aparece contenida directamente en la imagen pero existen vínculos entre ésta y el fenómeno que facilita la producción de informaciones sobre lo anteriormente presentado.

El método más arcaico, desarrollado en América en los años setenta se basó en la relación entre la superficie de una mancha urbana, bien identificada sobre la imagen, y la población total de la ciudad pero, este método, un tanto impreciso, se adapta solamente a las ciudades americanas, muy estructuradas y que obedecen a unas reglas de organización muy simples, reducibles a unos cuantos modelos extrapolables. Este método no es válido en el resto del mundo. Para aumentar su precisión es necesario tener en cuenta las diferencias internas de la ciudad. De ahí, el desarrollo de una segunda familia de métodos semiglobales en los que las estimaciones de los efectivos de la población se realizan por tipos de barrios definidos según criterios morfológicos. Aquí las imágenes y las fotografías se utilizan para determinar la superficie ocupada por cada tipo de barrio. La estrecha relación entre el hombre y su entorno que implica este método permite analizar la información exhaustiva contenida en la imagen para recoger inmediatamente, por sondeo, los datos relativos a las poblaciones urbanas. La base de sondeo contenida en la imagen, resultado del análisis morfológico de la ciudad, permite estratificar un plan de sondeo espacializado, base de una investigación con objetivos demográficos o socioeconómicos. El mejor ejemplo que se tiene en este sentido, es sin duda alguna el Atlas de Quito.

La imagen puede servir para mejorar la información socioeconómica ya existente, mediante la información que aporta sobre la morfología de la ciudad. En ese caso, permite redistribuir espacialmente los datos demográficos o socioeconómicos de origen censal o administrativo, conocidos en un principio según unas divisiones brutas, fluctuantes y con poco sentido. En efecto, la exclusiva utilización de los datos censales lleva a extrapolar a la población censada en una zona a la superficie total de la sección censal que le corresponde. En este caso, la elección de la escala de trabajo es un problema particularmente importante, que se ve condicionado por tres factores: la problemática, los instrumentos y la escala mínima de agregación de los diferentes datos. Es obvio, que la mejor manera de obtener una escala de trabajo ideal, es decir a la medida de los planteamientos, es trabajar directamente con los datos en estado bruto. Ello permite reagrupar los valores en función de las necesidades del análisis, crear una división espacial particularmente adaptada, y controlar perfectamente todo el proceso de agrupación y desagrupación. Pero se puede

tener la oportunidad de acceder a este elemento sólo en la fase del análisis espacial, puesto que en este caso, somos los productores de este dato. En cambio, en lo que respecta a los datos socioeconómicos y demográficos, nos vemos obligados a trabajar con los datos suministrados por organismos difusores. Así que, no resulta tan sencillo demostrar, a partir de estos datos heteróclitos que las composiciones sociales forman las entidades socioespaciales a través de unas unidades de análisis que no corresponden las unas con las otras.

Por qué trabajar con imágenes satélites y Sistemas de Información Geográfica

La teledetección espacial recurre no solamente a los métodos de interpretación de la "geografía clásica", sino que también suministra un banco de datos georeferenciados, sincrónicos y diacrónicos siempre reactualizados. Por lo tanto, su empleo debe implicar una mutación de la geografía, siempre y cuando, las inversiones intelectuales y materiales necesarias lo consientan. En efecto, los datos recogidos por los satélites complementan bien las mediciones hechas en contacto con el objeto estudiado. La información espectral suministrada por los captos supera a la simple noción del color. Las mediciones generadas por la teledetección desbordan los límites del espectro de lo visible para englobar, igualmente, el análisis infrarrojo, medio, térmico y microondas. Pero, la característica más original de este tipo de medición reside, fundamentalmente, en la frecuencia de reactualización que permite el seguimiento de la evolución del medio, en lo sucesivo descrito tanto en el tiempo como en el espacio. Así, las informaciones suministradas por las imágenes difieren sobremanera de las generadas por la observación geográfica. Por lo tanto, la teledetección permite una rápida producción de auténticas imágenes de la tierra que complementa la reconstrucción gráfica del mapa. Pero, la característica más innovadora y la de más peso tiene que ver con la forma numérica de los datos. Así, la imagen de satélite constituye un banco de datos geográficos muy importante. Su alianza con el ordenador permite manejar innumerables datos, optimiza las operaciones de producción y de tratamiento y, por fin, asegura una expresión gráfica y cartográfica, igualmente automática. Así, se crea una cadena informática que va desde la recogida al tratamiento, a la visualización y a la cartografía de los datos. No obstante, no hay que olvidar que la teledetección no es aquí más que un simple instrumento de información mientras que la geografía es una ciencia cuyo objeto es principalmente la explicación de las relaciones del hombre con el medio. Por eso, la teledetección es considerada, en el

conjunto de esta disciplina, como una técnica auxiliar que proporciona a la geografía los materiales necesarios para su análisis.

Así, en forma de un cuadro multidimensional que resulta de un doble muestreo de la información, espacial (la zona observada está dividida en superficies elementales características de la resolución espacial del satélite) y numérica (la información es registrada por los captosres y codificada con ayuda de enteros comprendidos entre 0 y 225), se origina una base de datos compleja por las diferentes combinaciones de canales posibles. El carácter completamente numérico de estas imágenes posibilita diferentes tipos de tratamientos estadísticos mediante combinaciones numéricas de los canales, lo que permite reducir el volumen de información contenida en una imagen para facilitar su análisis. Pero el objeto viene definido por una medida física, por sí solo no puede dar cuenta de una función urbana, de una noción socioeconómica o cultural. Por tanto, es necesario introducir informaciones de tipo textural y estructural, características de esas funciones. Ciertos elementos urbanos, como los edificios, poseen formas y se distribuyen en el espacio de una manera, a menudo, característica, y pueden ayudar a atribuir una función a la zona que les incluye. Por tanto, es recomendable intentar caracterizar el espacio urbano con la ayuda de variables que describan precisamente su morfología. Se puede comprimir la información contenida en la imagen para estos planteamientos más concretos. Para ello, hay que reducir los valores posibles de un pixel en un número mucho más limitado mediante la utilización de los filtros morfológicos. En este caso, el programa divide matemáticamente el espacio radiométrico en función de la organización radiométrica de los pixeles. Mediante la estructura propia de la imagen, se pueden desarrollar todas las técnicas estadísticas que toman en cuenta en sus análisis el concepto de vecindad. Aunque parece difícil diferenciar de un modo formal, los diversos tipos de construcción ahí donde dominan el asfalto y el hormigón, el filtro morfológico utilizado en medio urbano aparece más como un método de medida de densidad, como un ratio que permite el estudio de la relación entre lo vegetalizado y lo construido, que como un identificador claro del objeto urbano.

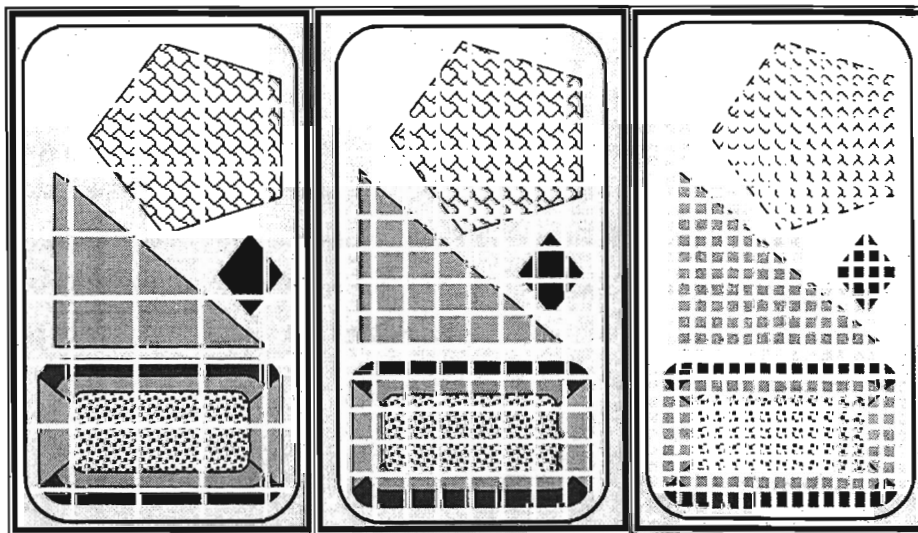
Ahora bien, para que una clasificación sea fiable, es imprescindible establecer una relación unívoca entre la clase y la firma espectral que le corresponde. Esto no es posible si, como mínimo, no existe un canal, bruto o transformado, en el que esta clase pueda ser distinguida y correctamente atribuida. Por tanto, para crear una clasificación adecuada, es necesario que exista, en primer lugar, una sólida relación entre la temática y la firma espectral. Esta relación no es tan sencilla de desvelar en un medio urbano y las premisas

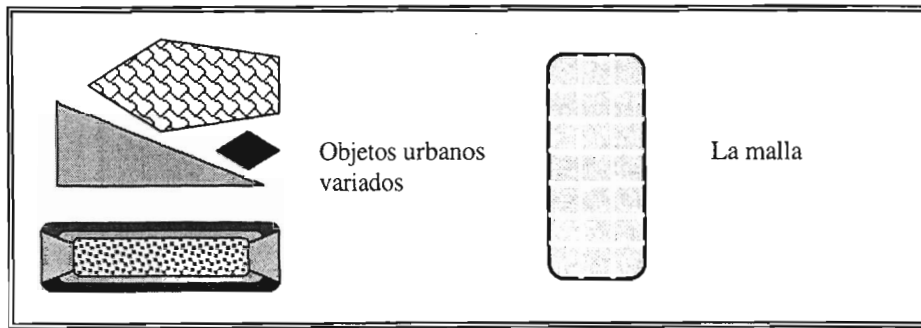
adoptadas para analizar los espacios naturales son inadecuadas para el análisis de éste. Esto es debido, principalmente, a su gran heterogeneidad y a la abundancia de píxeles mixtos que hacen irrealizable una clasificación justa tal como requiere una nomenclatura urbanística clásica. La nomenclatura se ve obligatoriamente limitada en su origen en las tres grandes familias radiométricas: el agua, la vegetación, lo construido. Pero la integración de los resultados conseguidos en un Sistema de Información Geográfica permite paliar a esta limitación.

Este proceso convierte a la teledetección en una fuente directa de información descriptiva, de la que puede obtenerse, entre otras cosas, la creación de un plano de ocupación del suelo. Asimismo, permite la obtención de documentos más elaborados, útiles en un contexto de gestión o en el seguimiento de la dinámica de la ciudad. La teledetección es aquí una generadora de datos al mismo nivel que las listas censales al servicio del Sistema de Información Geográfica, que es el consumidor.

Landsat fue casi siempre el captor elegido para trabajar en medio urbano, y no por la calidad de su resolución, que es más bien mediocre en este entorno, sino por el abanico de combinaciones que ofrece gracias a sus siete canales, pero pensamos que merece la pena interesarse más a fondo por los captosres SPOT e IRS porque tienen una precisión especial bien superior, permitiendo así una mejor definición de los objetos (Figure N°1), lo que compensa, en cierta medida, la pérdida de información provocada por la ausencia de canales infrarrojos medios y térmicos.

Figura 1 : La influencia del tamaño de la unidad de base en el reconocimiento de los fenómenos urbanos



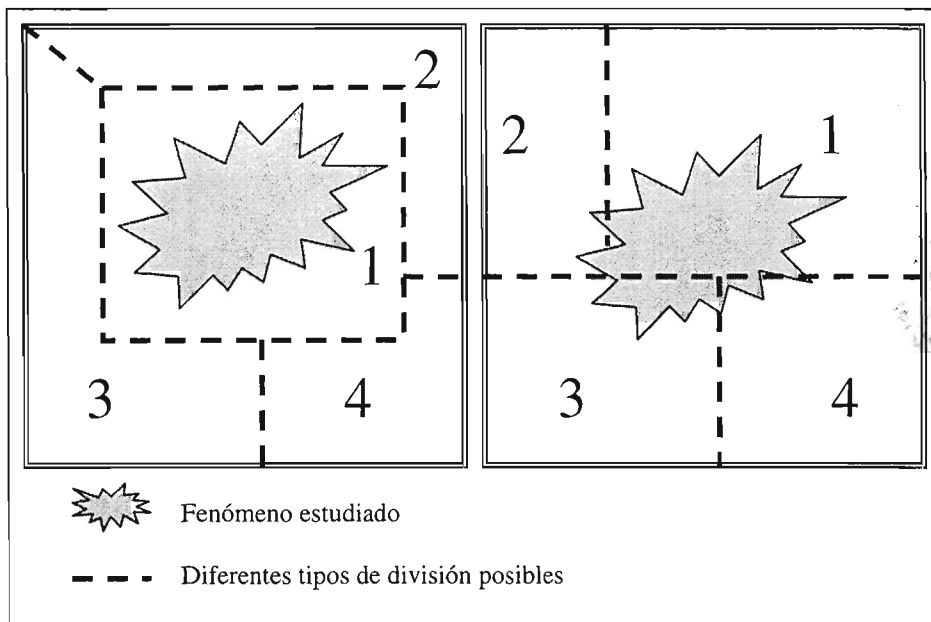


Por otra parte, los Sistemas de Información Geográfica deben ser considerados, en geografía, como un nuevo instrumento de gestión del territorio. El carácter innovador de esta técnica procede de su propio concepto. En efecto, es la primera vez en la historia de esta disciplina que se dispone de medios electrónicos suficientes para crear una herramienta que permita la integración masiva de informaciones espaciales. Por lo tanto, este nuevo método renueva totalmente la percepción del espacio y de su evolución. Utilizados junto a la teledetección, permiten yuxtaponer sistemáticamente el espacio y el tiempo, ofreciendo así la posibilidad de crear un nuevo tipo de análisis espacial cada vez más desarrollado. A la par, y teniendo en cuenta los límites técnicos de cada una de las herramientas, permiten entre otras cosas, el cambio de escala en función de los contenidos temáticos presentados. En efecto, la información espacial generada por la imagen autoriza una reagrupación de los datos en función de la división producida por el análisis de ésta. Esto implica una nueva función de la información numérica espacializada, a través de la cual se puede alcanzar una nueva comprensión de la realidad. El problema principal a la hora de la utilización de este tipo de datos reside en el modo de agrupación seleccionado y en la escala de trabajo empleada.

Para ello, lo más sencillo parece ser la realización de una cartografía temática basada en el tratamiento de imágenes que ilustra los diferentes componentes del tejido urbano, lo que puede permitir la reagrupación de los datos respetando su organización espacial. Esta transformación no afecta en nada a la dinámica de la distribución sobre el territorio, aunque permite un nuevo manejo de los valores evitando así la presencia de datos en las zonas en las que materialmente no puede figurar.

La escala mínima de trabajo de la estadística urbana en lo que se refiere a la identificación socio demográfica es la sección que resulta de la relación entre el número de habitantes y el parcelario. Esta unidad tiende a homogeneizar la distribución de la población en la globalidad del territorio en detrimento de la organización de lo construido y de la densidad de ocupación del suelo. Se redefine en vísperas de elecciones con el fin de que los centros electorales estén bien repartidos por todo el territorio. La escala administrativa, aunque proceda de una pausada reflexión sobre la distribución de la población en el espacio, es totalmente artificial. Desde ese momento, los límites no son, en absoluto, naturales, y pueden cambiar a merced de los censos o, como lo hemos mencionado ya, en función de las necesidades de los organismos creadores. Asimismo, este fenómeno tiene importantes repercusiones a la hora del análisis estadístico y de la comparación con otras cartografías que no poseen el mismo reparto territorial (Figura N°2).

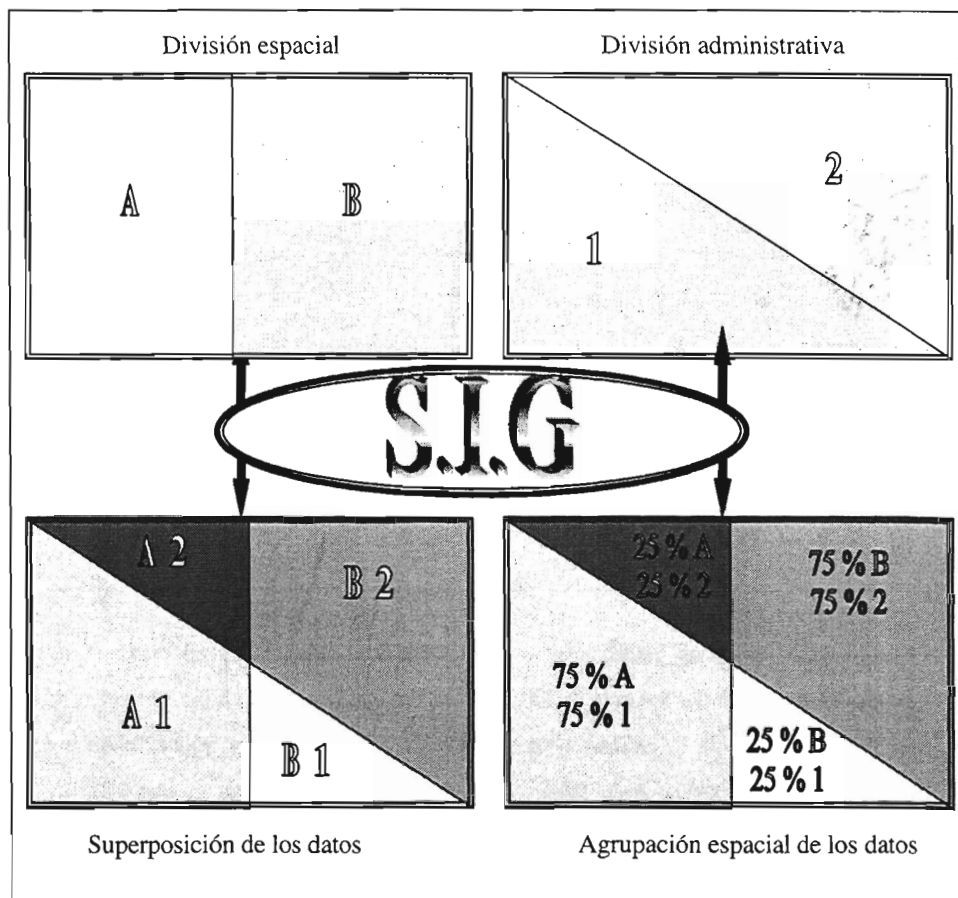
Figura 2: Impacto de una frontera en la creación de una variable



Pensamos que debe ser relativamente sencillo rehacer una escala adecuada a nuestra problemática a partir del Sistema de Información Geográfica. Esta escala sería el resultado de la reagrupación de la población en función de lo construido y no en función de su dinámica. Nuestro problema de fondo, pero también nuestra fuerza, es que tenemos por una parte datos agregados en función de parámetros administrativos, y por otro, los datos

obtenidos del análisis espacial. Nuestra principal preocupación, a la hora de realizar el análisis, es la de encontrar un medio para que estos dos tipos de datos se correspondan. Es posible lograr una cierta estimación, agrupando las unidades espaciales de base del censo para obtener un reparto similar al de la imagen. Pero como las características de estos dos marcos son muy distintas entre sí, los límites entre las diferentes zonas generadas por los dos tipos de análisis no se corresponden. Además, no responde a nuestras necesidades de reorganización porque este método subordina el contenido social a la forma espacial en el análisis de la relación entre la forma y el sentido. Preferimos cambiar de escala de lectura del censo, pasando así de una escala censal a una espacial (Figura nº3) aprovechándose de las propiedades espaciales de los Sistemas de Información Geográficos. El problema principal, en el transcurso de esta reagrupación, es el de mantener la constancia de las sumas reagrupando los valores. Por eso, el modo de almacenamiento de los datos en el S.I.G. es fundamental en esta operación.

Figura 3: Agrupación espacial de datos



Aunque las imágenes tengan un formato ráster, los primeros intentos de reagrupamiento de datos se basaron en un almacenamiento vectorial de la información y en una reagrupación zonal de estos. Este método, aunque más práctico porque necesita menos memoria, implica una pérdida de información y desnaturaliza la lógica misma del proceso de agrupación². Por eso, nos parece importante trabajar a partir de una información totalmente rasterizada, organizada según los métodos de agrupación desarrollados en estadística multivariante y cartografiada en función de las necesidades de la problemática desarrollada. Esto no quiere decir que el modo vectorial no tenga un papel importante en este planteamiento, bien al contrario permite, gracias a la introducción de las redes, otros enfoques como por ejemplo el estudio de las fronteras intraurbana. Pero este modo de almacenamiento de los datos, gracias a sus características propias, nos permite guardar una cierta unidad entre los diversos tipos de datos y salvaguarda la complejidad del medio urbano a través del tiempo.

Conclusión

En un contexto de crisis estructural de la ciudad, de sus arquetipos y de sus modelos de planificación y de gestión, la producción de una información de calidad ocupa un lugar primordial. La utilización conjunta de la teledetección y de los Sistemas de Información Geográficos permite la elaboración de un nuevo tipo de análisis espacial que está todavía su explotación en este medio, mucho más complejo y menos estudiado que el entorno natural, aunque se encuentre en él una buena parte de la población del planeta.

La información producida por la imagen autoriza una nueva división del espacio, lo que implica una reorganización de los datos urbanos en función de los nuevos planteamientos que ésta nos brinda. Los Sistemas de Información Geográfica por sí solos son capaces de matizar estos datos en razón de sus características, de forma que pueda responder a este nuevo reto. Esas razones nos empujan a orientar nuestros trabajos hacia la reagrupación de los datos socio-demográficos en función de la localización espacial de los fenómenos urbanos que les corresponde.

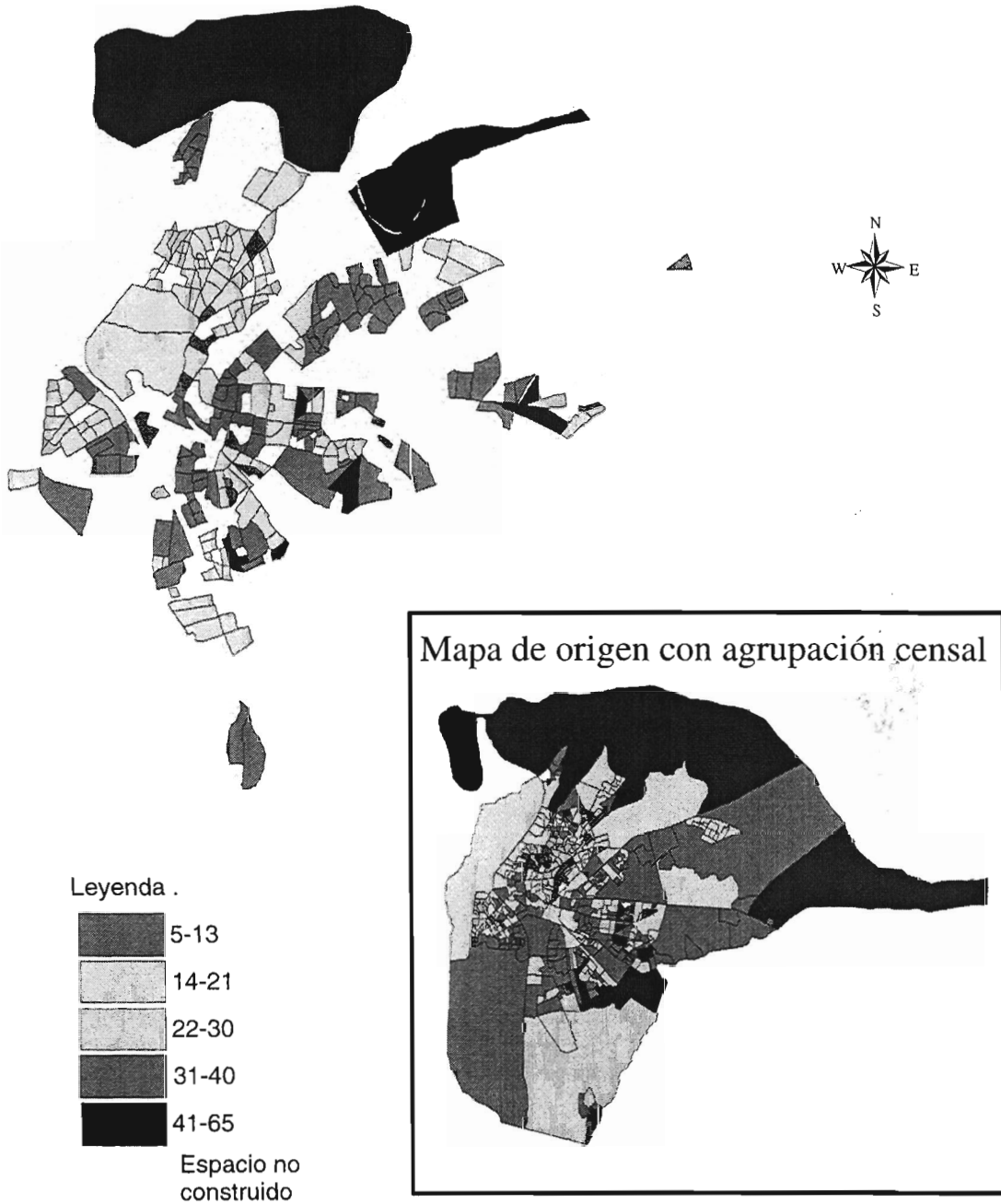
Así, la entrada de información en el S.I.G. y la producción de una cartografía temática que ilustra los diferentes componentes del tejido urbano nos permiten la reagrupación de

estos datos respetando la organización social de la población. Mediante estos procedimientos podemos matizar y adaptar las conclusiones al tipo de zonas geográficas analizadas, teniendo en cuenta su verdadero carácter específico. Más allá de la simple corrección, este método permite sobre todo averiguar los verdaderos factores que influyen en la distribución de la población en la ciudad. La reagrupación de datos ofrece informaciones precisas y aproximadas de la realidad urbana, puesto que no autoriza las fluctuaciones que llevaba el censo de la población por zonas. La comparación de estos resultados, en el caso de Sevilla con el método tradicional es a este nivel muy esclarecedor: demuestra que los resultados de la reagrupación espacial son muy diferentes y subraya el cambio de localización entre estos dos procedimientos. De esta mayor precisión se obtiene una mejor visualización del espacio intraurbano. Esta transformación de datos es también el medio de establecer una interpretación más fiable en el tiempo puesto que ya no están sometidos a las variaciones propias de la división censal sino a particularidades de orden espacial.

Así, la agrupación espacial de datos es prometedora porque permite una reorganización de los datos en función de un soporte cuyos cambios son fácilmente medibles mediante imágenes satélites. La agrupación espacial de datos en medio urbano permite un mejor entendimiento de la organización social y residencial de la ciudad, respetando la relación hombre/medio, fundamental a la hora de estudiar las políticas de ordenación urbana y proponer nuevos proyectos sostenibles. Mas desarrolladas, estas técnicas pueden llegar a ofrecer la posibilidad de elegir el nivel de análisis más adecuado para el estudio de una problemática urbana y medir la influencia de estos métodos a varias escalas. Asimismo, el desarrollo de los estudios sobre los procesos de ajuste de escala permitirá también definir a partir de qué nivel un dato es o no es pertinente en el entendimiento de una problemática.

² Gwendoline Sardinha de Oliveira Neves "Análisis de la estructura social de Sevilla mediante la aplicación de la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica", Consejería de Urbanismo, Junta de Andalucía, Sevilla, 1998.

Mapa 1. : Ejemplo de desagrupación de datos en función del espacio construido



Bibliografía

BOSQUE SENDRA J. "Sistemas de información Geográfica", Ed. : Ripal, Madrid, 1992.

"Télédétection et systèmes d'information urbains", bajo la dirección de DUREAU F. y WEBER C., *Villes, Anthropos*, , París, 1995.

LAURINI, ROBERT y THOMPSON, DERER "Fundamentals of Spatial Information Systems". The A:P:I:C:, Series Num 37, Academic Press, London

LEVY A. "Morphologie urbaine: théorie et pratique. Une approche sémiotique", Ginebra, 1985.

LYNCH K. "La buena forma de la ciudad" Ed.: Gustavo Gili. Barcelona, 1985

SANCHO ROYO F. y GONZALEZ BERNALDEZ F. "Estructura subyacente de datos urbanísticos de Sevilla" *Ciudad y territorio*, N°3, Madrid, 1972

SARDINHA DE OLIVEIRA NEVES G. "L'utilisation de la télédétection et des Systèmes d'Information Géographique pour analyser la composition sociale de la ville. Exemple : Séville": Thèse de 3° cycle, Université Joseph Fourier, Grenoble, 1996.g