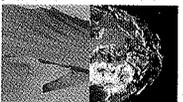




El empleo de los SIG y la Teledetección en Planificación Territorial

Grupo de Métodos Cuantitativos,
Sistemas de Información Geográfica
y Teledetección



AGE
Asociación de Geógrafos Españoles



UNIVERSIDAD
DE MURCIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

Editado por

C. Conesa García
Y. Álvarez Rogel
C. Granell Pérez

Análisis espacial de la complejidad del sistema urbano como soporte de una planificación y gestión urbana sostenibles

J. L. García Cuesta y F. M. García Gómez

Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Valladolid, Plaza del Campus s/n,
47011 Valladolid.

RESUMEN

La organización interna de nuestras ciudades conlleva un aumento de la complejidad en las relaciones que se establecen entre distintos ámbitos y la funcionalidad que cada uno de ellos tiene asignada. Como resultado de esto, aumenta la transmisión de información entre los distintos elementos que conforman la ciudad, y se generan múltiples relaciones espaciales entre unos ámbitos y otros, en un proceso de transferencia de información que se materializa en el intercambio de productos y servicios que son intercambiados entre los ciudadanos. Esta complejidad del sistema urbano es analizada a partir del concepto de diversidad, aplicando para ello los postulados de la teoría de la información. La utilización de un índice como el de Shannon aplicado a la presencia de distintas actividades económicas en una misma manzana, nos permite conocer su diversidad y la mayor o menor complejidad de agentes capaces de transmitir información. Pero más allá de la cuantificación y la incidencia espacial que muestra este índice, lo hemos puesto también en relación con el suelo ocupado o en el que se realizan las distintas actividades económicas. Conseguir una ciudad más sostenible supondrá no sólo aumentar su diversidad, sino también aprovechar de una forma más eficiente el suelo y todos los recursos energéticos y ambientales, al tiempo que será necesario aplicar patrones de gestión que contemplen el problema urbano y sus intervenciones de manera integrada. La utilización de los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) han permitido un tratamiento eficaz de la información, tanto alfanumérica como cartográfica, sirviendo de instrumento para la generación de una base de datos de gran utilidad con la que realizar el análisis pormenorizado de cada una de las manzanas de la ciudad, cuyo objetivo es el de plantear una planificación y gestión urbana más sostenible.

Palabras Clave: Diversidad, complejidad, sostenibilidad, ciudad concentrada, ciudad dispersa, Índice de Shannon

ABSTRACT

The internal organization of our cities carries with it an increase in the complexity of relationships between different locations or parts and the functions assigned to each. As a result, there is an increase in the flow of information between the parts of the city, and multiple spatial relationships accompany the process of information transmission in the interchange of products and services among citizens. This complexity of the urban system is analyzed using the concept of diversity and the application of information theory. The utilization of an index such as the Shannon Index permits us to record the diversity of economic activities of each of the blocks of the city, recording greater or lesser complexity of information-transmitting agents. But beyond the quantification and spatial analysis of the index, it has been fixed according to the land occupied or in whatever generates the distinct economic activities. To achieve a more sustainable city supposes not only increasing diversity, but also using land, energy resources and environment more efficiently for the time necessary to apply measures that take into account the urban problems and to approach them in an integrated way. The utilization of Geographic Information Systems (GIS) have permitted us an efficient handling of information of many kinds, including alphanumeric and cartographic data. GIS serves as an instrument for the generation of a very useful data base to obtain an analysis detailing each block of the city with the objective of proposing more sustainable urban planning and management.

Key Words: diversity, complexity, sustainability, concentrated city, dispersed city, Shannon Index.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales peculiaridades de la ciudad mediterránea es la gran diversidad de actividades económicas y de grupos sociales que residen en ella. La ciudad puede ser entendida como un ecosistema vivo en el que pueden ser aplicadas las tesis de la Ecología. Una cualidad de los organismos vivos, y en mayor medida del hombre y sus organizaciones, es su carácter de portadores de información. La información en las ciudades se organiza de diversas maneras y se manifiesta de forma compleja. Así como la materia y la energía pueden medirse en unidades sencillas y objetivables, no sucede lo mismo en el momento de aprehender la información (Margalef, 1992). Los intentos de medir la información y sus flujos a través de unidades monetarias y/o energéticas, o incluso los que se deriven de la misma teoría de la información, no han tenido resultados suficientemente satisfactorios.

Las variables discretas en los sistemas urbanos, las que hacen el papel de las especies en los sistemas naturales, son esencialmente atributos que tienen los individuos o las actividades que atesoran la información dinámica con relaciones multivariadas (de cooperación, competencia, etc.). En los sistemas urbanos es el hombre quien proporciona parte de los

atributos, el que atesora gran parte de una información que es singular y deriva de las diferencias y diversidad de generadores y portadores de información. Esta múltiple disponibilidad de información se hace más compleja cuando aumentan los circuitos de transmisión y regulación. Un mismo hombre posee diferentes atributos informativos a través de los cuales se relaciona con otros atributos que poseen otras personas. Sabiendo la cantidad de portadores de información diferente que se dan cita en un espacio concreto, podemos saber en que momentos temporales sucesivos la organización aumenta o disminuye, y en qué parte de la ciudad ocurre este fenómeno.

Sin embargo, las consecuencias del aumento de la complejidad del ecosistema urbano pueden ser muy diferentes en función de que este incremento de la complejidad se produzca a partir de un aumento en el consumo de materiales, suelo y energía o que se realice de una forma más sostenible y no tan despilfarradora. En la actualidad, los sistemas urbanos tienden a aumentar la complejidad global a partir de la incorporación de territorios de diversidad baja y de una alta homogeneidad, causada por diversos factores ligados a la planificación funcionalista y el mercado (*Erza Park*, 1999). Por tanto, para mantener los mismos flujos de información presentes en la ciudad concentrada, es necesario un incremento del flujo de desplazamientos, provocando un aumento del consumo de recursos energéticos e incrementando el tiempo destinado para la realización de estos desplazamientos.

Por todo ello en el diseño de las nuevas áreas urbanizadas o en la remodelación de las existentes, deberemos considerar la necesidad de reservar espacios destinados al desarrollo de actividades diversas y usos mixtos, frente al carácter monofuncional que predomina actualmente en los nuevos ámbitos urbanos (*Frey*, 1999). Del mismo modo, debe considerarse la presencia de actividades industriales, especialmente aquéllas que estén dotadas de importantes desarrollos tecnológicos y que a la vez produzcan escasos impactos en las áreas en las que se asientan. El crecimiento de los nuevos espacios urbanizados y la renovación de los ya existentes deberían basarse en la calidad, en el aumento de la información organizada, la eficiencia energética, y en la reducción en el consumo de recursos (*Hall*, 1989).

LA CONCENTRACIÓN DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DIVERSAS, UNA ESTRATEGIA PARA HACER DE LA CIUDAD UN ÁMBITO MÁS SOSTENIBLE

Una buena forma de analizar la complejidad de los sistemas urbanos puede llevarse a cabo a partir de la observación de la distribución espacial de las actividades económicas, como elemento para comprobar la eficacia y racionalidad del consumo de suelo. Si partimos de la premisa de que la ciudad es el espacio humanizado en el que mejor se facilita cualquier tipo de intercambio entre personas y materiales, lo que a su vez está íntimamente relacionado con la esencia primigenia de la *polis*, podemos desarrollar estudios que analicen las formas actuales en las que se producen los mencionados intercambios. Una forma de valorarlos está basada en el análisis de la información relativa a las diferentes actividades económicas radicadas en la ciudad, lo que nos permite conocer con profundidad la diversidad existente en cada una de las manzanas –o cualesquiera de los sectores urbanos analizados– y proceder a un análisis

conjunto de la ciudad, que nos permita conocer mejor los flujos e intercambios de información que se producen entre las distintas áreas.

Si partimos de la premisa de considerar que toda actividad económica está motivada por la consecución de un beneficio económico, comprenderemos que su localización está condicionada por la búsqueda de un emplazamiento óptimo, a fin de poder satisfacer mejor la demanda de servicios que se ofrecen y, en consecuencia, lograr el objetivo fijado. Este aspecto ha sido suficientemente estudiado por economistas que han puesto de manifiesto la relación existente entre la localización de determinadas actividades económicas, la presencia o proximidad de la demanda y la importancia de un determinado espacio para algunas actividades económicas que valoran especialmente un factor de localización y centralidad por encima de la proximidad al cliente. En relación a éstas y otras variables, la configuración de los espacios urbanos desde la perspectiva de la dinámica comercial y económica responde a una compleja combinación de factores que no pretendemos abordar en este trabajo. Sin embargo, sí podemos realizar un análisis atendiendo a la distribución cuantitativa de las actividades económicas observando dos perspectivas diferentes. En la primera de ellas podemos comprobar el grado de concentración o dispersión de las actividades económicas en el conjunto del espacio urbano o en cada una de sus partes analizadas. Vamos a tomar como ejemplo el caso de la ciudad de Valladolid, y sobre ella aplicaremos nuestros planteamientos a modo de ensayo tratando de comprobar su posible extrapolación a otros ámbitos urbanos. Las condiciones de centralidad y accesibilidad que ofrecen los Centros Históricos provocan que se aglutine en este espacio la quinta parte de las actividades totales de la ciudad –21,6 %–, seguido del principal barrio obrero, Delicias, con un 9,2%, y el Polígono de San Cristóbal con el 5,1%. También podemos comprobar que las áreas urbanas inmediatamente próximas al centro histórico son los siguientes espacios que cuentan con un volumen de licencias fiscales importante. Del mismo modo, aquellos barrios o áreas urbanas más densamente pobladas, es decir, aquéllos en los que también se concentra la demanda potencial, presentan un número elevado de actividades económicas. Son los casos de los populosos barrios de La Rondilla, Delicias, Vadillos-Batallas, Circular y el primer tramo del Paseo de Zorrilla. Sin embargo, existen otros espacios que tienen un marcado carácter residencial y en ellos se observa no sólo que el volumen de actividades económicas es más bajo, sino que el tipo de establecimientos es menos diverso y suele atender a las demandas de productos de primera necesidad y de equipamiento básico del hogar.

La segunda perspectiva desde la que podemos analizar esta distribución espacial de las actividades económicas hace referencia a la utilización o aprovechamiento del suelo. En este caso hemos puesto en relación el número de actividades económicas presentes en una misma manzana y la superficie de suelo de la misma. Este indicador nos muestra el grado de aprovechamiento del suelo al tiempo que pone de manifiesto que es el centro histórico el espacio que está cobrando en los últimos años un elevado carácter monofuncional, ya que en él se encuentran las manzanas que presentan mayores índices de concentración de actividades. Por tanto, este índice nos sirve para obtener tres conclusiones claramente perceptibles. Por una parte, nos muestra una forma de proceder que indica una mayor racionalidad en la utilización y consumo de suelo, por cuanto la concentración de actividades en una misma manzana –en la que también puede haber viviendas– supone un mejor aprovechamiento. Por otra parte, muestra tam-

bién una especialización funcional que no es acorde con los principios de la sostenibilidad al crearse espacios especializados y casi monofuncionales que generan numerosos desequilibrios en el conjunto de la ciudad. Estos espacios ejercen una fuerte atracción de personas y mercancías procedentes de otras partes de la ciudad, e incluso de fuera de ella, durante una parte del día, quedando casi inertes el resto de la jornada, de tal modo que acrecienta los problemas de movilidad, congestión, contaminación, ruidos, etc. Finalmente, se ha comprobado sobradamente que esta concentración de actividades comerciales ejerce una expulsión de la población residente al poder obtener importantes ingresos procedentes de la venta de sus inmuebles, ya que muchas actividades económicas están dispuestas a pagar grandes precios por disponer de una localización óptima para sus negocios. Esta situación es, sin duda, la que está generando los principales problemas que están padeciendo nuestros centros históricos en la actualidad, y ante la que deben ponerse en marcha de forma rápida y decidida las numerosas propuestas que ya existen para paliarlo. Por tanto, la existencia de un número importante de personas o de licencias fiscales en un determinado espacio no garantiza que exista una elevada diversidad, prueba de ello es que en algunas manzanas de los espacios periféricos de la ciudad, a pesar de poseer un número elevado de actividades, la diversidad es reducida, como podremos comprobar posteriormente, debido a que se configuran como zonas homogéneas.

LA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS MODELOS URBANOS

El estudio de la complejidad del sistema urbano de Valladolid se inscribe en un proyecto de mayor calado, que tenía como principal finalidad valorar la eficacia en términos de sostenibilidad de los modelos urbanos tradicionales. La utilización de los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) se hace imprescindible a la hora de manejar fuentes de datos de grandes dimensiones, necesarias para la realización de este estudio. También son imprescindibles ante la necesidad de cartografiar los resultados de nuestra investigación, cartografía en la que se van a apoyar las decisiones para una mejor planificación. En el caso concreto de la investigación planteada en esta comunicación, ha sido de significativa importancia la gestión del Impuesto de Actividades Económicas (I.A.E.) facilitado por el Ayuntamiento de Valladolid, actualizado a fecha de 1 de Enero de 2003, y en el que se recogen un total de 21.000 actividades. Como unidad básica del análisis se ha elegido la *manzana*, elemento que en algunos casos presenta una importante variedad de dimensiones, pero que en general posee una cierta homogeneidad funcional y urbanística, frente a otras unidades como la *sección censal*, que se constituye como una agrupación de manzanas, atendiendo meramente a razones de búsqueda de un equilibrio estadístico de la población. Hemos descartado también la posibilidad de realizar un análisis por barrios –unidad esencialmente geográfica–, por tratarse de unidades muy grandes que simplifiquen en exceso el estudio de la complejidad en una ciudad de tamaño medio, como es el caso de Valladolid. Por tanto queremos considerar y valorar la diversidad de actividades presentes en cada manzana de la ciudad, entendiendo que, si la diversidad que presentan es muy alta en un reducido territorio, sus habitantes necesitarán realizar un menor número de desplazamientos

motorizados que los que residen en un área de la ciudad poco diversa, en la que se genera un mayor flujo de desplazamientos desde y hacia estos espacios, lo que además se traduce en un mayor consumo energético, el aumento del ruido y la contaminación atmosférica, y la necesidad de crear cada vez mayores infraestructuras de comunicación.

El desarrollo metodológico del trabajo ha partido de la utilización de la base municipal del Impuesto de Bienes Inmuebles (IAE) y de la cartografía digital municipal facilitados por el Ayuntamiento de la ciudad. En el caso del I.A.E. ha sido necesario eliminar determinados registros que aparecían repetidos o completar algunos de ellos en los que faltaban diversos datos. De la misma forma, en el caso de las manzanas fue necesario corregir determinados errores geométricos de la cobertura, así como evitar la existencia de varias manzanas que disfrutaran de una misma referencia catastral, siendo necesario agruparlas en una sola entidad geométrica y recalcular atributos como su superficie o su perímetro. En la corrección de los datos geométricos se utilizó *Geomedia Profesional 4.0* y *AutoCAD 2000*, así como para el caso del manejo de bases de datos se ha empleado *Microsoft Access 2000*.

Para realizar el cálculo de la diversidad de cada una de las manzanas ha sido necesaria la agrupación de los datos del I.A.E. Tras analizar de una forma pormenorizada los 566 epígrafes en los que se distribuyen las más de 20.000 actividades presentes en la ciudad, se ha decidido agrupar las actividades económicas en un total de 56 grupos de licencias económicas, en función de su pertenencia a una determinada rama económica, además de valorar el número de actividades de cada uno de los epígrafes presentes en la ciudad. De este modo, simplificamos la prolija clasificación inicial sin perder la variedad y diversidad existentes, al tiempo que todavía resulta difícil que estadística y muestralmente coincidan en una misma manzana la totalidad de los epígrafes existentes.

Debemos subrayar que existen determinadas actividades económicas localizadas en la ciudad, que no figuran en el I.A.E. del Ayuntamiento de Valladolid. Esto se debe a su cualidad de establecimiento filial de una determinada empresa con domicilio social en otra ciudad e incluso fuera de España en el caso de las multinacionales. Otro problema planteado por la utilización del Impuesto de Actividades Económicas es la posibilidad de que en el lugar donde está domiciliada la actividad económica no sea el emplazamiento donde se desarrolla dicha actividad, sino que por el contrario haga referencia al domicilio particular o social de la persona física o jurídica que desarrolla esa actividad económica.

El siguiente paso fue el proceso de *Georreferenciación* de la información contenida en el Impuesto de Actividades Económicas. Para ello se utilizaron las herramientas de relación del software *Geomedia Profesional 4.0* capaces de generar diferentes tipos de uniones entre la capa de manzanas y el IAE –es muy común contar con varias licencias económicas situadas en una misma manzana–, tomando como campo de unión la referencia catastral. Debemos señalar que un porcentaje importante de las actividades económicas no disponían de la referencia catastral o no era la correcta, por lo cual fue necesaria la utilización toponomástica de calles y números de policía para realizar la georreferenciación. En definitiva, se consiguieron localizar geográficamente 19.558 actividades económicas ubicadas en 1.038 de las 1.491 manzanas de la ciudad de Valladolid, lo que significa una media de 13,12 actividades por cada manzana.

La representación cartográfica de las diferentes actividades económicas se realizó de dos

mostrado de gran utilidad los estudios introducidos por *Margalef* (1992) sobre el contenido de la información asociado a la composición de las especies. La presencia de establecimientos comerciales, oficinas y servicios públicos en los diferentes barrios de la ciudad nos muestran, además de otros aspectos relacionados con la dinámica económica y la vitalidad del tejido empresarial, las características funcionales de cada barrio, y ponen en relación numerosas variables de la vida urbana. Así un barrio que disponga de una densa red de establecimientos comerciales, oficinas y empresas de servicios llevará aparejada la presencia masiva de ciudadanos, la necesidad de una red viaria con capacidad suficiente para distribuir el tráfico que se genere, la demanda de calles peatonales para facilitar el tránsito de viandantes, etc.

Para valorar la situación de las diferentes áreas urbanas, traduciremos la existencia de actividades económicas en individuos capaces de transmitir información y lo sintetizaremos como un índice de la diversidad (H), que indica el número de miembros que cumplen una característica en el conjunto de miembros de la comunidad. Para medir la complejidad utilizaremos el Índice de Shannon que surge de los postulados de la teoría de la información:

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

donde H es la diversidad y su unidad es el bit de información y P_i es la probabilidad de ocurrencia. Indica el número de miembros que poseen una peculiaridad en el conjunto de miembros de la comunidad. La máxima diversidad (H) se obtiene cuando se produce la máxima diferenciación entre los portadores de información y la máxima frecuencia de cada uno de ellos. Cuando el valor de H es igual a cero supondrá la falta de diversidad, no la carencia de actividades económicas. Por lo tanto en aquellas manzanas en las que exista una o más actividades, pero pertenecientes a la misma agrupación de actividades económicas, su diversidad será cero (*Rueda*, 2002).

En el caso que nos ocupa, podemos observar claramente que los índices de diversidad más elevados, obtenidos a partir de aplicar el *Índice de Diversidad de Shannon* se encuentran en el sector meridional del Centro Histórico, entre la Plaza Mayor y la Estación Campo Grande, coincidiendo no sólo con los principales ejes comerciales, sino también con las calles en las que se concentran un importante número de profesionales liberales y de servicios. Podemos observar claramente cómo el centro histórico en su conjunto, posee unos índices de diversidad elevados, coincidiendo en este ámbito un número destacado de manzanas que poseen los valores más altos de la ciudad. El elevado número de actividades económicas presentes en estas manzanas se distribuyen en una gran variedad de actividades económicas, que van desde las comerciales a las profesionales. Prueba de ello es que el valor máximo del índice de Shannon, 4,69 bits, se encuentra en la calle Gamazo –entre los dos puntos señalados anteriormente–. En esta manzana están presentes 36 de los 56 conjuntos de actividades en las que hemos agrupado los diferentes epígrafes.

Otro sector que destaca en importancia es el Paseo de Zorrilla hasta la Plaza de Juan de Austria –donde se encuentra unos grandes almacenes muy conocidos–, mostrando claramente el basculamiento funcional que ha ejercido el mencionado establecimiento a lo largo de este eje viario desde el centro histórico hasta sus inmediaciones, aspecto que puede comprobarse

fácilmente al observar que las manzanas con mayor índice de diversidad son aquellas que tienen alguna fachada al mencionado Paseo de Zorrilla. En la mayor parte de los casos el índice de Shannon es superior a 4,25 bits. Diferente es el caso de Parquesol que, sin contar con un número elevado de actividades comerciales por manzana, ha logrado disponer de unos índices de diversidad significativos. La reciente construcción de este barrio y la singular composición social del mismo—fundamentalmente familias jóvenes de clases medias con medio y alto poder adquisitivo y elevada formación cultural, y en las que suelen trabajar ambos cónyuges—, han condicionado la rápida instalación de numerosas empresas de servicios con una oferta muy variada que buscan atender una demanda muy solvente, por lo que, a pesar de que el número de licencias fiscales no es muy elevado, sí lo es su variedad y en consecuencia su diversidad.

El resto de la ciudad, como puede observarse, presenta índices intermedios como corresponde a la presencia de numerosas actividades económicas en muchos barrios, que están caracterizadas por atender necesidades cotidianas y con baja especialización y en los que es frecuente la abundante competencia en determinados ramos comerciales. Ello explica que, a pesar de tener un tejido comercial abundante en muchos de ellos, especialmente en aquellos barrios tradicionalmente calificados de población obrera, los índices no sean elevados, bien porque la oferta responde a una demanda menos variada y solvente, o porque estos barrios no disponen del carácter de centralidad que es tradicional en el centro histórico o que han venido adquiriendo otros espacios en los últimos años.

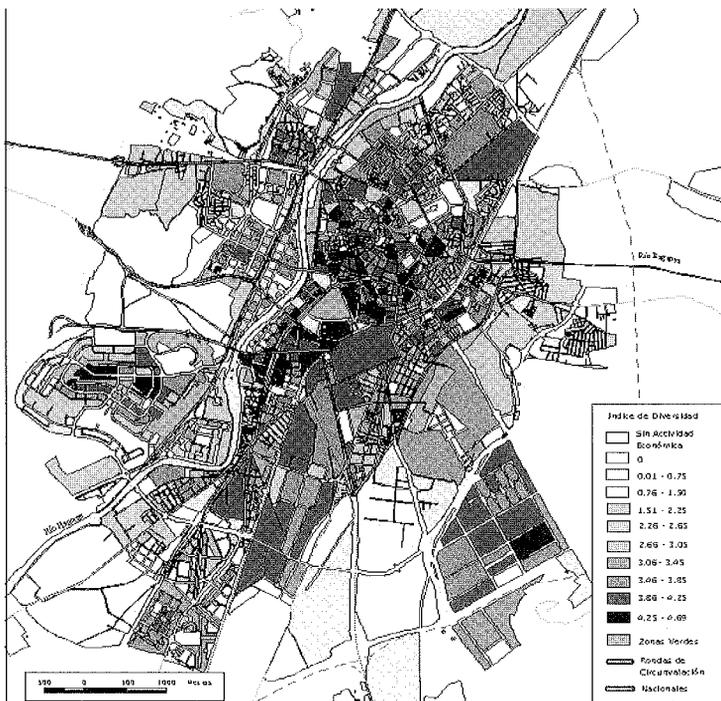


Figura 2. Representación gráfica del índice de diversidad en la ciudad de Valladolid.

Finalmente observamos que las áreas periféricas de la ciudad, excepción hecha de los dos grandes polígonos industriales, poseen bajos índices de diversidad, debido a dos razones claramente constatables. Por un lado, el número de actividades es bajo y suelen coincidir con grandes instalaciones muy demandantes de suelo, al tiempo que la especialización de algunos ámbitos es bastante frecuente, de tal modo que se produce una concentración de empresas dedicadas a la misma actividad, por lo que la diversidad existente es reducida. Es el caso de la carretera de Villabáñez, donde abundan los talleres metalúrgicos; la salida por la carretera de Burgos, en la que se concentran empresas de transportes; o el espacio comprendido entre las carreteras de Segovia y Madrid, en el que es frecuente encontrar concesionarios de vehículos y empresas de transformación y reciclado de materiales. El otro aspecto a destacar es la existencia de nuevos barrios residenciales con características netamente residenciales y en los que las actividades comerciales existentes responden a la demanda de productos de primera necesidad, hostelería y algunos profesionales liberales, siendo la diversidad reducida. En algunos barrios en los que domina la tipología de vivienda unifamiliar, como el barrio de *Valparaíso*, por norma general la diversidad no sobrepasa los 2 bits en la mayor parte de las manzanas, por lo que los residentes de estas áreas deben realizar importantes desplazamientos a otras partes de la ciudad para realizar cualquier tipo de actividad.

LA EFICIENCIA URBANA, UNA MEDIDA DEL USO SOSTENIBLE Y EL APROVECHAMIENTO RACIONAL DEL SUELO

Aunque el índice de Shannon nos permite valorar la diversidad de cada una de las manzanas, su cálculo es independiente de la superficie en la que se localizan las distintas actividades, a lo que debemos añadir la complejidad que introduce la existencia de importantes diferencias en el tamaño de las manzanas. Mientras en los nuevos barrios de la ciudad, como es el caso de Parquesol, las manzanas tienen dimensiones superiores a las dos hectáreas, incluso pueden alcanzar las tres hectáreas, en el centro histórico de la ciudad no suelen sobrepasar los 2.500 metros cuadrados y en los barrios obreros no superan los 5.000 m². Por ello hemos aprovechado un planteamiento que sostiene que en la ciudad, además de procurar la tendencia al aumento de la diversidad (H), el modelo se fundamenta también en la reducción del cociente E/H, (donde E representa el consumo de energía primaria en el sistema urbano –que comprendería tanto las materias primas como la energía necesaria para extraerlas–, H es el valor del indicador de complejidad, es decir, de la información organizada en el sistema urbano y E_p indica, por tanto, la cantidad de recursos que es necesaria para mantener una determinada organización urbana H). La evolución de E_f permite saber el grado de eficiencia del sistema y, en consecuencia, saber si nos dirigimos hacia un proceso más sostenible o no.

$$E_f = \frac{E}{H}$$

En nuestro caso, hemos optado por adaptar los planteamientos de eficacia de la planificación, basados en la eficiencia energética de los insumos de la ciudad, a la búsqueda de un mayor aprovechamiento de suelo en relación con los índices de diversidad, obtenidos a partir de la presencia de las diferentes actividades económicas. Por lo tanto, ponemos en relación la superficie de cada manzana (en hectáreas) con el índice de diversidad (H), de tal modo que los valores más bajos corresponden a aquellas manzanas en las que el aprovechamiento de suelo es muy elevado, mientras que los valores más altos muestran una clara disconformidad a favor de una masiva utilización del suelo en manzanas en las que hay una escasa diversidad de actividades económicas. Desde este planteamiento, la ciudad más racional y que presenta mayores índices de aprovechamiento de un recurso limitado como es el suelo sería aquella que presenta valores muy cercanos a cero.

Debemos reconocer que este análisis, a pesar de poner claramente de manifiesto situaciones reales y perfectamente contrastadas, adolece de un defecto al considerar que varias actividades económicas se llevan a cabo sobre la misma porción del suelo sin tener en cuenta su distribución vertical en un mismo edificio y por tanto parece que estemos abogando por la construcción de grandes bloques de edificios, en los que puedan darse cabida numerosas actividades económicas, además de la consiguiente población residencial, con el objetivo último de conseguir un máximo aprovechamiento del suelo enmascarado en un uso más racional del mismo. Nada más lejos de nuestra intención. Por el contrario, pretendemos defender la construcción de una ciudad que tenga unos edificios con altura moderada que permita albergar densidades de población medias y de cabida a la presencia de diversas actividades económicas.

Extrapolando los planteamientos anteriores, podemos observar que los valores que muestran un mayor aprovechamiento del suelo, y por tanto aquéllos en los que es mayor la relación existente entre la presencia de actividades diversas y el volumen proporcional de suelo que éstas ocupan, se produce en aquellos sectores más consolidados de la ciudad. Podemos observar también, que la localización coincide en buena medida con los mismos sectores en los que los índices de diversidad eran mayores, fundamentalmente el centro histórico. Logramos comprobar que la eficiencia es muy alta en los principales ejes de los barrios populares –más particularmente en las manzanas que forman esquina con alguna calle de mayor anchura–, donde, junto al comercio minorista de alimentación, se localiza el pequeño comercio especializado de barrio. En contraposición con la elevada eficiencia de las principales calles de estas barriadas populares se contraponen algunos espacios residenciales de construcción posterior a la década de los setenta, como es el caso de Huerta del Rey y Arturo Eyries, al oeste del río Pisuegra, donde las actividades económicas son escasas, principalmente el comercio, debido a que son reducidos los espacios destinados a la localización del mismo. En este caso la desviación estándar es muy superior en la eficiencia en comparación a la diversidad: 4,34 para la primera variable y 1,37 en el caso de la diversidad.

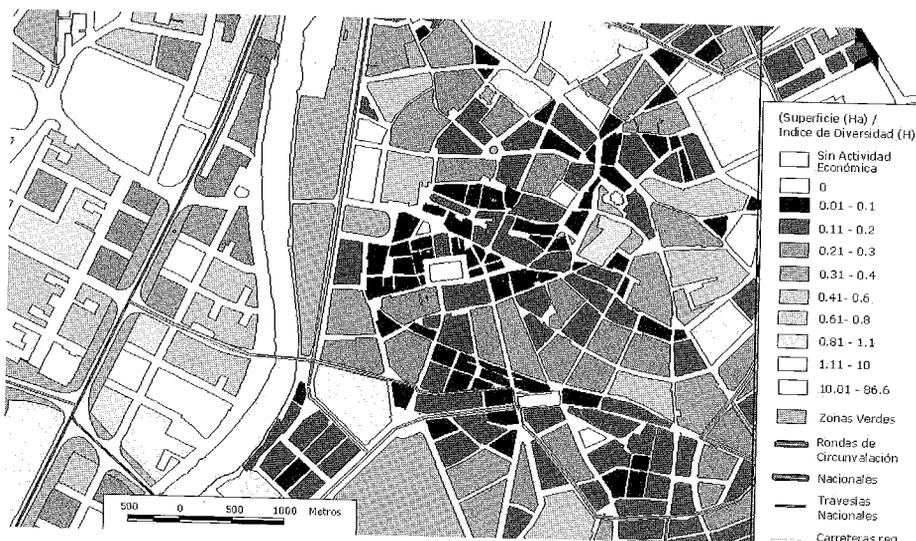


Figura 3. Comparación entre el índice de eficiencia del barrio de Huerta del Rey (Oeste del río Pisuerga) y el Centro histórico de la ciudad de Valladolid.

A pesar de todo lo anterior, debemos hacer notar que sólo se trata de un indicador que pone en relación dos variables cuantitativas que es preciso tratar cuidadosamente y matizar suficientemente. Así, no podemos ignorar que las manzanas pequeñas tienen mayor probabilidad de aparecer con índices bajos, porque en un cociente en el que el denominador es bajo las posibilidades de que el cociente también lo sea son mayores. Debemos señalar que partimos de un tratamiento homogéneo de las manzanas sin considerar otras variables como superficie edificada, la altura de los edificios o la distribución de las actividades en los inmuebles —puede haber edificios totalmente dedicados a oficinas y otros netamente residenciales—. De igual forma, se debe tener en cuenta que las actividades económicas no ocupan la totalidad de la superficie edificada de la manzana, ni tan siquiera el equivalente a la superficie del solar ocupado, ya que suelen existir otros usos que no implican actividad económica —portales, garajes, patios interiores, etc.—, lo cual es más común en los barrios construidos con posterioridad a la década de los setenta.

Los aspectos puntuales que hemos mencionado anteriormente, aunque sólo sirvan de ejemplos singulares, ponen de manifiesto la capacidad de obtener nuevas perspectivas y observaciones de la ciudad. A pesar de las aparentes dificultades que acompañan a un análisis de las características que presentamos, y de la exigencia de profundizar en el análisis estadístico de las fuentes utilizadas, consideramos que la metodología empleada supone la introducción de nuevas pautas para el análisis de los fenómenos de crecimiento y dispersión urbana. La necesidad de introducir nuevos patrones y criterios en los documentos de planificación urbana, de acuerdo con los principios del desarrollo sostenible, ponen de manifiesto la utilidad del manejo de los Sistemas de Información Geográfica para el tratamiento de grandes cantidades de información y para mostrar cartográficamente la magnitud y localización espacial de determinadas variables. Éste es, en definitiva, el objeto final de esta comunicación.

CONCLUSIONES

El modelo actual de ciudad difusa es claramente insostenible y es necesario promover el modelo mediterráneo de ciudad concentrada y compleja, como modelo de referencia, incorporando las mejoras necesarias –reequilibrio del uso del espacio urbano, modificación del actual modelo de movilidad, promoción de la autosuficiencia urbana en agua, energía, gestión de residuos, etc.–, en los procesos de los sistemas urbanos hacia la sostenibilidad (Bettini, 1998). Frente a esto, debemos humanizar las ciudades buscando la creación de espacios a escala humana. La ciudad debe ser, sobre todo, un espacio para vivir y no sólo el lugar donde se reside, se trabaja y se consume. El espacio urbano debe ser un ámbito de convivencia, de intercambio y de relaciones sociales. Como conclusión a este diagnóstico que acabamos de hacer sobre la ciudad actual, consideramos que es preciso introducir nuevas variables y conceptos en los procesos interpretativos de nuestras ciudades. Existen otros paradigmas propositivos que analizan los procesos urbanos en distinta clave. Estos incorporan nuevos criterios de desarrollo sostenible, entre los que destaca la utilización de diversos indicadores como los propuestos por la Unión Europea en su documento sobre Ciudades Europeas Sostenibles. Pero a ellos, nosotros hemos querido incorporar otros más, que tienen una menor componente estadística, pero que adquieren un mayor carácter funcional por cuanto tratan de resaltar las relaciones de convivencia entre las personas y la ciudad en la que habitan. Consideramos de especial interés abundar en el desarrollo de estas propuestas para lograr un mejor funcionamiento interno de las ciudades. Pero del mismo modo, es preciso modificar los instrumentos de gestión en la planificación y ordenación territorial para coordinar actuaciones de ámbito supramunicipal, que es sin duda hacia donde se proyectan actualmente los mayores problemas del crecimiento urbano en forma dispersa.

Debemos reflexionar y abogar sobre las ventajas de competir con estrategias basadas en la información y el conocimiento (calidad) o continuar basándolas en el consumo de recursos (cantidad). Una estrategia basada en la información permite repensar la ciudad en otro sentido. Repensar la ciudad en estos términos no es contrario, por ahora, a la lógica económica actual, en todo caso la ennoblece y la aparta de la idea de que para competir todo vale, y de la idea falsa que supone pensar y actuar como si los recursos fueran ilimitados. Es necesario poner de manifiesto la necesidad de que los ayuntamientos incluyan en sus documentos de planificación urbana criterios de sostenibilidad, que la ciudad comience a interpretarse desde otras claves, recuperando valores y aspectos que actualmente se están perdiendo. Ahora prima más el interés económico que el social, el desarrollo que el bienestar, la creación de grandes infraestructuras que la de equipamientos sociales, el consumo y el estremo que la recuperación y el reciclado, la acción que la reflexión.

REFERENCIAS

- Bettini, V. (1998): *Elementos de ecología urbana*. Editorial Trotta, Madrid, 400 p.
Erza Park, R. (1999): *La ciudad y otros ensayos de ecología urbana*. Ediciones del Serbal, Barcelona, 148 p.

- Frey H. (1999): *Designing the city: Towards a more sustainable urban form*. E&FN Spon, Routledge, London
- Hall, P. (1989): *Cities of tomorrow. An intellectual history of urban planning and design in the twentieth century*, Oxford, Blackwell, 473 p.
- Margalef, R. (1992): *Ecología*. Editorial Planeta (edición revisada), Barcelona. 256 p.
- Rueda, S. (2002): *Barcelona, Ciutat mediterrània, compacta i complexa. Una visió de futur més sostenible*. Agència Local d'Ecologia Urbana Barcelona, Barcelona. 87 p.