

**¿CÓMO AFECTA LA UNIDAD ESPACIAL
A LA VISUALIZACIÓN Y MODELADO DEL ÁREA
DE MERCADO CON SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA? IMPLICACIONES
PARA EL GEOMARKETING**

POR

ANTONIO MORENO JIMÉNEZ*
MARÍA EUGENIA PRIETO FLORES**

1. Introducción, antecedentes y objetivo

El área de mercado de los establecimientos comerciales y de servicios constituye uno de los focos de interés permanentes desde hace bastantes décadas entre las empresas, por cuanto se entiende que en tal ámbito es donde se centra el negocio de las mismas, y por ende, es el que contribuye de manera más decisiva a su viabilidad. Uno de los campos recientes de aplicación de los sistemas de información geográfica de más creciente popularidad es el del geomarketing. Dentro del mismo, y en aras de solventar problemas de decisión espacial por parte de las empresas comerciales y de servicios, resulta un tema principal, por su utilidad, representar y modelar las áreas de mercado (actuales y previsibles) combinando la tecnología SIG con técnicas estadísticas. A tal fin los tratamientos recurren a conceptos y datos relativos a la competencia y la demanda (por ejemplo, tasa de penetración, cuota de mercado, gasto per cápita, etc.), referidos a determinadas unidades espaciales. Las aplicaciones prácticas de los resultados obtenibles atañen a

* Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid. E-mail: antonio.moreno@uam.es

** Instituto de Economía y Geografía, CSIC. Madrid. E-mail: mprieto@ieg.csic.es

diversas y relevantes actividades de la empresa comercial, como han puesto de relieve Huff y Batsell (1977) y Moreno (2001, 2002 y 2003a y b).

Un aspecto concreto del tema mencionado que aparece envuelto de interrogantes estriba en saber cómo se ve afectada la determinación y modelado del área de mercado por las modificaciones de las unidades espaciales que se han de adoptar en los análisis. La cuestión concierne al harto conocido problema de la unidad espacial modificable o PUEM, el cual, en síntesis, nos coloca en la incómoda posición de saber que los resultados, las conclusiones y, por extensión, las recomendaciones y actuaciones están condicionados en alto grado por los rasgos de la partición o agregación espacial adoptada. El problema está bien identificado ya desde hace bastante tiempo y algunas alternativas para abordarlo planteadas (vid. Openshaw y Taylor 1981; Openshaw, 1984; Bosque Sendra *et al.*, 1986; Bosque Sendra, 1995; Green y Flowerdew, 1996; y Haining, 2003, pp. 138-150).

La cuestión ha adquirido en los últimos tiempos un cariz particular ante dos hechos nuevos: por un lado la mayor disponibilidad de información al máximo nivel de desagregación (i.e. individual) y, por otro, las prestaciones de los SIG que hacen factible obtener agregaciones a discreción. Como certeramente se ha señalado por Alvanides y Openshaw (1999, p. 300), ello ha trasladado al usuario o experto la responsabilidad de diseñar explícitamente particiones geográficas que se ajusten a cada necesidad. Hay muchos ejemplos de sistemas de zonas concebidas para un fin concreto y usados para otros muy distintos, y todavía existe una conciencia bastante escasa de las implicaciones que ello tiene de cara al análisis, la representación cartográfica y la obtención de tablas estadísticas. Las particularidades de cada proceso geográfico demandan una atención a este tema crucial, pues el tino o desatino en la organización de la información de partida «propagará» errores o aciertos al plano de las conclusiones. Pese a que algunos autores han propuesto algunos criterios generales para el diseño de particiones geográficas, e incluso se dispone de procedimientos para obtener sistemas óptimos bajo algún criterio (vid. Alvanides y Openshaw, 1999, pp. 302-304) resulta ineludible abordar la cuestión desde el conocimiento de cada proceso geográfico concreto.

Al respecto, y en lo concerniente al análisis de áreas de mercado, procede recordar algunos hallazgos de estudios previos por su relevancia para este trabajo. Fotheringham y Wong (1991), por ejemplo, reportaron

una conclusión «deprimente» al comprobar, tras calibrar dos modelos (uno de regresión múltiple y otro logit) reagregando datos, que los resultados eran altamente impredecibles, por lo que la confianza en los hallazgos, basados en un sistema de agregación espacial concreto, debía ser puesta bajo sospecha. Constataron, eso sí y como hecho consistente, que la bondad de ajuste de los modelos aumentaba a medida que la agregación también lo hacía. Las alternativas propuestas para afrontar el problema apuntan a varias direcciones: realizar análisis con distintos niveles de agregación para evidenciar la importancia del problema y sus consecuencias en las conclusiones, evitar el uso de datos agregados, siempre que sea posible, solución que ha sido postulada por Kajanoja (1975), o diseñar esquemas de agregación «óptimos», lo que remite a un problema teórico previo: qué criterio o criterios definen tal esquema óptimo.

Otro frente de problemas que en el contexto de esta contribución debe mencionarse radica en la medición de las distancias o costes de fricción espacial entre unidades espaciales. Aparte de la propia métrica empleada (distancias rectas, por vías, tiempo, coste monetario, etc.), cuando conciernen a objetos geométricos no exclusivamente puntuales, por ejemplo, los pares puntos-polígonos, puntos-líneas, líneas-líneas, líneas-polígonos o polígonos-polígonos, emergen ciertos errores. Algunos de ellos han sido examinados desde hace tiempo y se han sugerido ciertas soluciones, por ejemplo, para el par puntos-polígonos (vid. Hillsman y Rhoda, 1978; Current y Schilling, 1987) o polígonos-polígonos (vid. Rodríguez Bachiller, 1983). Particularmente cuando se ven involucrados polígonos, la inclusión de autodistancias dentro de cada uno de ellos parece reducir ostensiblemente los errores.

En cualquier caso, todo ello no son más que particularidades (alguno los calificaría de «defectos») de la información espacial (vid. O'Sullivan y Unwin, 2003, Cap. 2) con las que el experto debe «convivir», procurando al menos que en la fase de tratamiento de datos se tenga conciencia del problema y de sus efectos, se palien con las medidas correctoras posibles y que, en la fase de conclusiones, éstas estén convenientemente matizadas en cuanto a su alcance, no desbordando lo estrictamente cierto (es decir, aplicándolas hasta donde se ha comprobado y evitando generalizaciones infundadas).

El objetivo de este trabajo estriba en explorar de forma sistemática cómo dos de los tratamientos habituales en el análisis de las áreas de

mercado reales, la representación cartográfica y el modelado simple de las mismas, se ven alterados debido a cambios en las unidades espaciales que se adoptan para agregar los datos individuales. Más concretamente, el proceso habitual implica que la información personal de la clientela de un establecimiento (sus compras, conducta, etc.) se agregue por unidades poligonales (e.g. manzanas, secciones censales, barrios, distritos postales, coronas, etc.) al objeto de facilitar la síntesis. Como es bien sabido, las unidades estadísticas espaciales generables como agregados a partir de elementos simples, es decir, las líneas y los polígonos, pueden variar según dos rasgos: el tamaño y la forma. Ello hace posible generar infinitas unidades o agregados espaciales, los cuales son usados a modo de «contenedores» para resumir datos individuales.

En este trabajo se pretende llevar a cabo unos tratamientos experimentales, que partiendo de la tradición investigadora dominante, permitan evaluar ciertas prácticas de análisis muy extendidas en geomarketing. Se trata de la aproximación que aborda la cartografía, el modelado y la estimación del área de mercado de un establecimiento individual, a partir de agregar datos de los clientes individuales por coronas de distancia respecto al punto de oferta. Este enfoque es el que tradicionalmente adopta el método llamado de la analogía para definir y prever el área de mercado de un establecimiento comercial utilizando indicadores de penetración en el mercado (véanse al respecto Jones y Simmons, 1990, pp. 328 y ss., y 355-361; Medina, 1995; y Moreno, 2002). Dicho método continúa siendo uno de los de uso más extendido a la hora de comparar y evaluar emplazamientos para la ubicación de establecimientos minoristas.

Nuestro objetivo concreto estriba en evidenciar los efectos de agrupar los datos individuales por coronas concéntricas de distinto tamaño, aunque trazadas con un criterio homogéneo. Es decir, nos ceñiremos a contemplar uno de los dos componentes de la variabilidad de las unidades espaciales: el tamaño de las mismas, aunque debido al procedimiento de delineación de las mismas, también la forma se verá involucrada. Con ello se espera aportar cierta luz que permita, primero, elegir unidades espaciales más rigurosamente y, segundo, adoptar una actitud más cauta y apropiada a la hora de extraer conclusiones y aplicar los resultados analíticos a la toma de decisiones empresariales. En última instancia los hallazgos podrán servir para aplicar el mencionado método de la analogía con un rigor superior.

2. La información y la metodología tratamiento

Los datos utilizados como punto de partida para el presente trabajo tienen una procedencia doble:

1. Cartografía digital del municipio de Madrid: secciones censales y callejero provistos por el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid (IECM).
2. Datos del Padrón Municipal de Habitantes del año 1996, por secciones de la Comunidad Autónoma de Madrid (IECM).
3. Información geo-referenciada por dirección postal de la clientela y el gasto efectuado por la misma en el establecimiento comercial usado como ejemplo. Se trata de un pequeño comercio de droguería-perfumería sito en la zona central de Madrid capital, que fue objeto de un análisis monográfico por parte de Gómez García (2001). Se obtuvo mediante muestreo sistemático (fracción muestral del 25 %) de dicha clientela, realizado durante una semana en el mes de junio de 2000¹. La ubicación del establecimiento comercial y la clientela se presentan en la Figura 1.

Sobre la base de estos datos fue concretada una metodología que incluyó una serie de tratamientos cartográficos y estadísticos, los cuales resumimos a continuación. En el primer caso se utilizó un sistema de información geográfica de tipo vectorial (ArcView 3.2), mientras que en el segundo, el programa utilizado fue SPSS.

A) Tratamiento cartográfico de la información

1. Definición de distintos conjuntos de unidades espaciales (coronas concéntricas) en torno al punto de oferta comercial. Se establecieron seis diferentes tamaños o intervalos de distancia, al objeto de generar una gama suficiente para posibilitar la comparación. La equidistancia para los distintos conjuntos fue: 10 m, 25 m, 50 m, 100 m, 250 m y 500 m. Dado que los clientes procedían en su mayoría de un radio inferior a 1 kilómetro, se fijó este valor de distancia como límite superior para la delineación de las coronas.

¹ Deseamos agradecer a D.^a Nuria Gómez García su amable cesión de dichos datos para este trabajo.

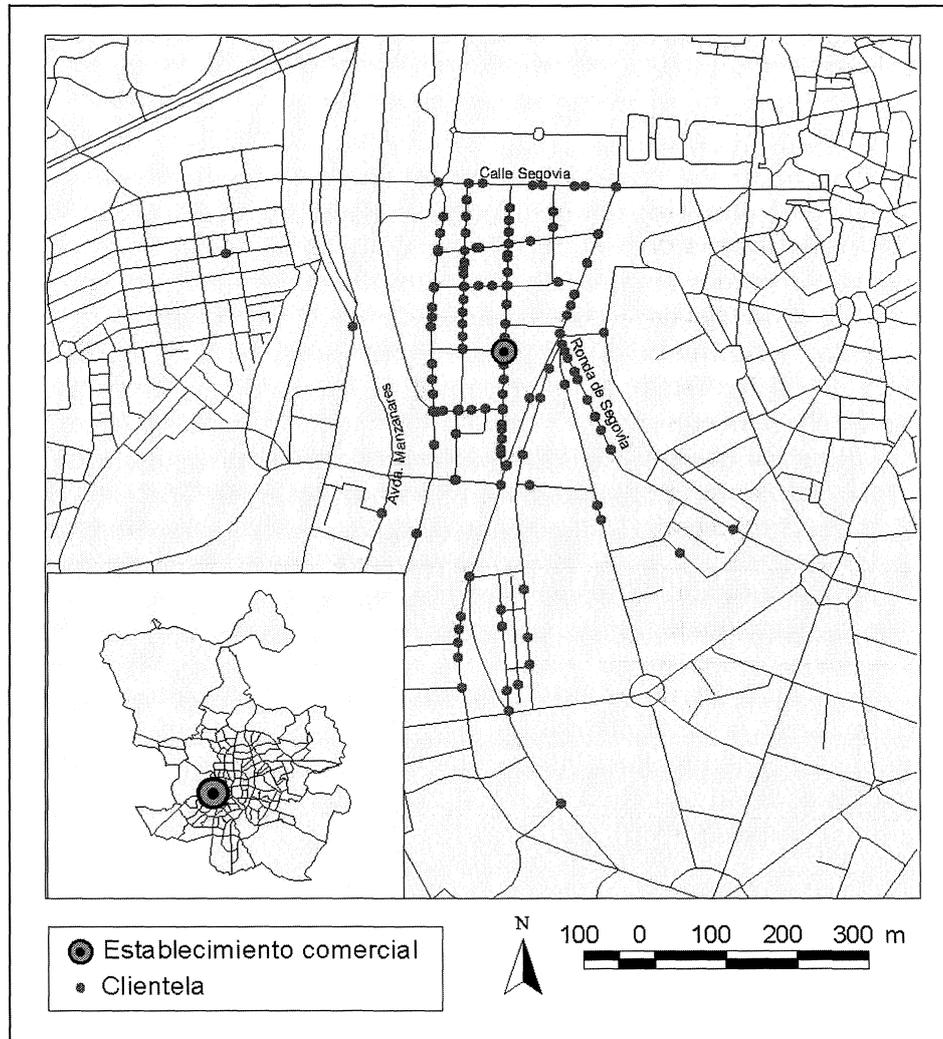


FIG. 1.—Ubicación del establecimiento analizado y de la clientela en Madrid capital.

2. Delimitación de las coronas, adoptando como métrica espacial la distancia por calles y usando para tal fin la extensión Network Analyst de ArcView 3.2. El empleo de esta métrica resulta totalmente apropiado y realista, dado que la clientela mayoritariamente se desplazaba al establecimiento a pie.

3. A partir de los datos de población total residente por secciones censales, se obtuvo la cifra promedio de habitantes por cuadrículas de 25 m². Se trata de lo que técnicamente se conoce como «rasterización» de una capa vectorial de polígonos.
4. Cómputo de los siguientes valores para cada corona de distancia:
 - Superficie (Ha), clientes, población y gasto en euros.
 - Indicadores de densidad espacial de la demanda: número de clientes por hectárea, gasto en euros por ha.
 - Indicadores de demanda espacial: Gasto promedio por cliente, gasto promedio respecto a la población y clientes respecto a población residente (tasa de penetración). El segundo de estos indicadores será el analizado más en profundidad en este trabajo, ya que representa de la manera más útil el nivel promedio de consumo o gasto que los residentes realizan en el establecimiento investigado.
5. Representación cartográfica del gasto per cápita respecto a la población residente para cada conjunto de coronas de distancia. Se elaboró por tanto un mapa para cada tamaño de intervalo de distancia (10, 25, 50, 100, 250 y 500 metros) en dos y tres dimensiones.

B) Tratamientos estadísticos

1. Elaboración de diagramas de dispersión con el gasto medio o per cápita (sobre la población residente) y la distancia y diagramas de barras, para cada conjunto de unidades espaciales.
2. Calibrado de una serie de modelos para reproducir la variación (descenso) del gasto medio por residente según la distancia. Tal disminución es previsible, de acuerdo con lo establecido por la teoría de la demanda espacial.
3. Representación de los modelos ajustados, mostrando el efecto de la distancia sobre el gasto medio por habitante en el establecimiento analizado.
4. Predicción del gasto per cápita de la población utilizando alguno de los modelos que mostrase superior calidad en el ajuste (finalmente se optó por el modelo exponencial).

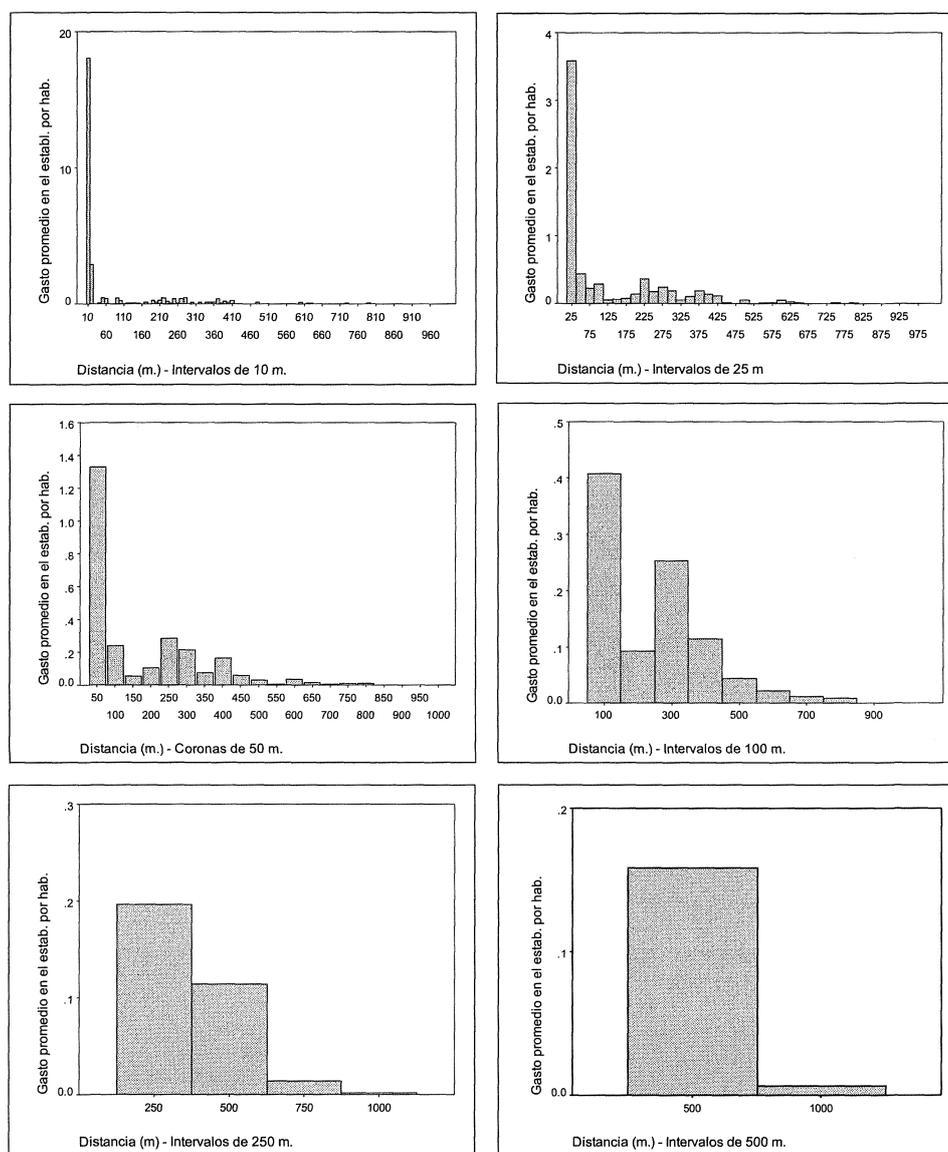


FIG. 2.—Variación del indicador de gasto promedio (euros) en el establecimiento por habitante con la distancia, según coronas de tamaño creciente.
 Nota: Las etiquetas del eje X deben entenderse como los límites superiores de cada corona o intervalo.

3. La variación con la distancia del gasto promedio por habitante

La inspección de la distribución del gasto por habitante para los diferentes tamaños de coronas (vid. Fig. 2), es decir, los datos agregados que se usarán para cartografía y modelado, resulta sumamente reveladora. Por un lado, la comparación del recorrido o amplitud en el eje de ordenadas ya evidencia cuán dispares son los valores que toma el indicador según el tamaño de las coronas. Cuando éstas son pequeñas, las cifras máximas se disparan hasta cerca de 20 €/hab.; al aumentar el tamaño de las coronas, el indicador se va reduciendo progresivamente hasta apenas rondar 0,16 €/hab. Ello ya permite anticipar que los mapas derivados y los modelos ajustados se tendrán que atener a datos de partida muy distintos, por lo que resultarán también dispares. Por otro, si se examina el patrón que describe la altura de las barras entre los distintos diagramas, se constata que, aparte del ineludible efecto de generalización propio de los intervalos amplios (e.g. 250 y 500 m), en éstos la imaginaria línea que describiera la tendencia muestra una imagen notablemente diferente de la que ofrecen los diagramas con intervalos hasta 100 m. Ello permite evidenciar hasta qué punto es importante la decisión de qué intervalos adoptar, pudiéndose concluir de lo observado que:

- Los más grandes introducen una simplificación desmedida y, por tanto, inapropiada por cuanto ocultan seriamente la realidad. Aplicar entre 2 y 4 intervalos para un fenómeno que se despliega hasta 1000 m. resulta desaconsejable.
- La partición con intervalos más pequeños, 10 m, hace aflorar el componente de aleatoriedad y/o errores de los datos individuales, apareciendo excesivamente detallado (con intervalos que poseen un valor nulo del indicador).
- Las particiones que usan 25, 50 y 100 m, mantienen un grado de fidelidad a la distribución bastante superior a las previamente comentadas, por lo que cabe reconocerlas como más expresivas y recomendarlas como más significativas.

4. La visualización cartográfica del área de mercado actual

Un primer y valioso resultado obtenible tras el tratamiento con SIG radica en la visualización del área de mercado real del establecimiento.

A partir de la agrupación de datos por coronas es muy recomendable realizar representaciones cartográficas que simplifiquen y faciliten la apreciación de la «cuenca» que aporta la base del negocio de la empresa. Veamos los efectos visuales de aplicar diferentes particiones/agregaciones espaciales a tal fin (Fig. 3).

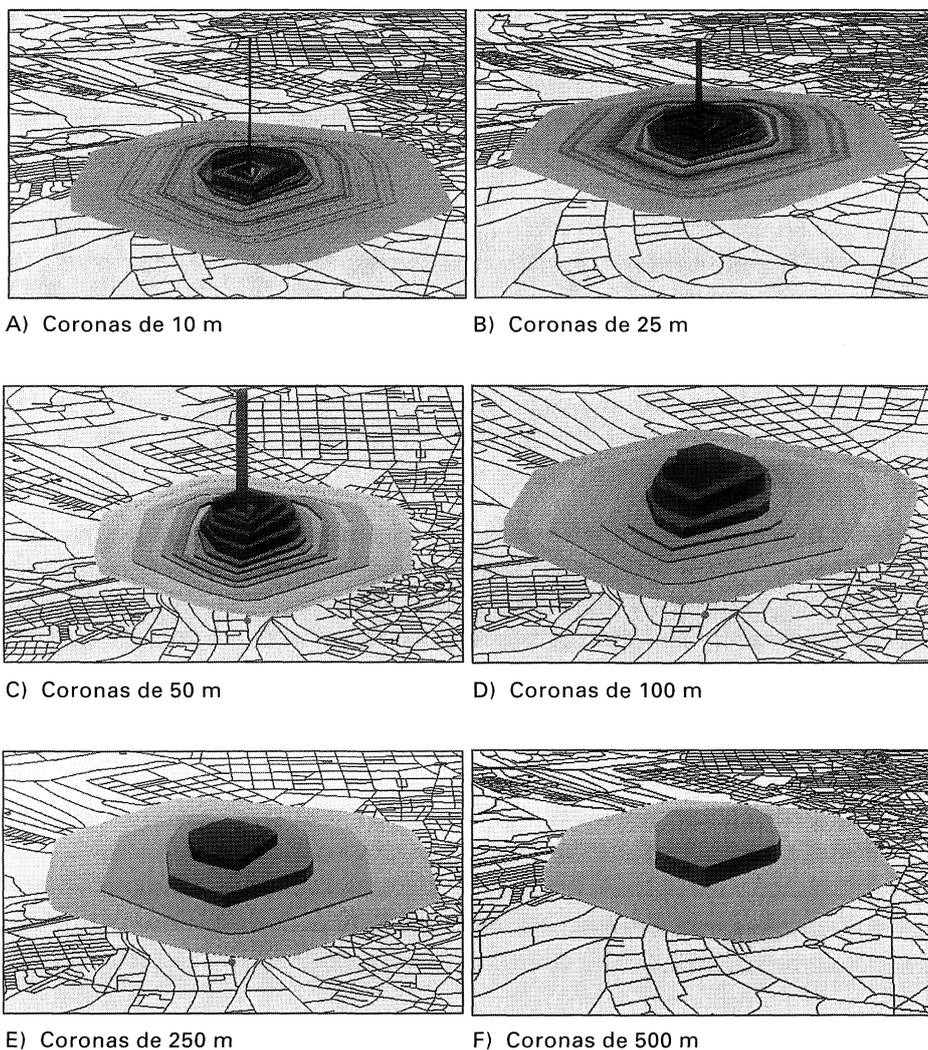


FIG. 3.—Representación en perspectiva del gasto promedio por habitante en el establecimiento estudiado según distintos tamaños de coronas de distancia.

La variación del tamaño de las unidades espaciales, desde intervalos de 10 hasta 500 metros, afecta claramente la representación cartográfica del gasto promedio por habitante. Se puede observar que la pequeña extensión de las coronas separadas por intervalos de 10 m de distancia (Fig. 3 A) se traduce en una alta variabilidad de los valores de gasto per cápita por unidad espacial. Así, en las dos áreas más próximas al establecimiento comercial son apreciablemente superiores a los valores del resto de coronas, generando un «pitón» sumamente descolante dentro de un foso o cráter, al que rodean valores algo más altos que tienden luego a ir descendiendo, aunque con altibajos. Ello conduce a un aplastamiento general del mapa que perturba seriamente la apreciación. Cabe presumir que esos contrastados valores en torno al comercio examinado estén influidos por el hecho de tratarse de coronas de superficie pequeña (y por tanto más homogéneas), lo que se manifiesta en valores exagerados del indicador, sobre todo si, como es natural, hay una alta densidad de clientes en el entorno inmediato al establecimiento. El caso de las áreas de mercado trazadas cada 25 m de distancia resulta similar, si bien los contrastes son atenuados (Fig. 3 B). En ambos casos puede observarse con claridad coronas a cierta distancia que alcanzan valores más altos que otras más próximas al establecimiento, de suerte que alternan valores bajos y altos. Ello evidencia que la demanda espacial no responde exclusivamente al factor de la distancia.

La visualización del área de mercado actual usando coronas de 50 m (Fig. 3 C) difiere de las dos primeras al presentar valores, y por tanto una tendencia, más regular, si bien el área de mayor proximidad a la oferta continúa destacando por exhibir un valor extremo. Asimismo se aprecia bien el «foso» que circunda a las coronas más interiores. Junto a la representación cartográfica de las coronas utilizando intervalos de 100 m (Fig. 3 D) es quizá la que expresa de manera más nítida y fidedigna el efecto de la distancia en la clientela; emerge así con claridad la progresiva, aunque algo oscilante, disminución del gasto per cápita a medida que nos alejamos del establecimiento, lo que significa una clara pérdida de influencia. La variabilidad en los valores se reduce, dando lugar a una figura más compacta. El conjunto de unidades espaciales correspondientes a distancias de 250 m (Fig. 3 E y F) se asemeja a la anterior, sin embargo el nivel de generalización es netamente superior. Finalmente, en las coronas de 500 m se produce una excesiva pérdida de información

ya que únicamente son dos (recuérdese que, como se explicó antes, un límite superior claro de atracción de clientes por este establecimiento era 1 km).

5. Los efectos de la zonificación sobre el modelado

Como estudios previos han evidenciado, el efecto de la agregación espacial se traslada y afecta también al plano de los modelos matemáticos que describen las relaciones funcionales. Al modificarse los datos de partida que se desean modelar, es posible que funciones matemáticas distintas se ajusten con una bondad también desigual. A priori no resulta fácil aventurar qué formulación concreta puede ser superior, por lo que procede explorar un abanico de ellas, con vistas a retener la más conveniente.

En este estudio se ha seleccionado a tal fin un conjunto de 5 formulaciones que gozan de cierta popularidad por su simplicidad, facilidad de calibrado con programas estadísticos y aval previo (vid. Taylor, 1983; Jiménez *et al.* 1989; Moreno *et al.*, 1991; Moreno, 2001). Se trata de los conocidos modelos lineal, logarítmico, inverso, potencial y exponencial. La formulación de cada uno de ellos se expone en el Cuadro 1.

CUADRO 1
MODELOS Y FÓRMULAS ENSAYADOS

Modelo	Fórmula
Lineal	$d_j = b_0 + b_1 t_j$
Logaritmo	$d_j = b_0 + b_1 \ln(t_j)$
Inverso	$d_j = b_0 + b_1/t_j$
Potencial	$d_j = b_0 * t_j^{b_1}$ o $\ln(d_j) = \ln(b_0) + b_1 \ln(t_j)$
Exponencial	$d_j = b_0 * e^{b_1 t_j}$ o $\ln(d_j) = \ln(b_0) + b_1 t_j$

Siendo, d_j = Demanda en la unidad espacial j (gasto promedio en el establecimiento por residente en la corona j), t_j = distancia por calles (coste de transporte) entre el punto de servicio y la unidad espacial j (límite superior del intervalo de la corona), b_0 y b_1 = parámetros a ajustar.

La resolución de los modelos ha sido ejecutada mediante el sistema SPSS usando distintas técnicas: mínimos cuadrados ordinarios (modelo lineal), mínimos cuadrados previa transformación de variables (caso de los modelos inverso y logarítmico) y regresión no lineal resuelta con el método de Marquardt (para los métodos potencial y exponencial). En estos últimos casos, la adopción de dicho método obedeció al hecho de que la transformación logarítmica previa de las variables se hacía inviable, en ciertos casos, por existir valores nulos. Todos y cada uno de los mencionados modelos fueron ajustados para las diferentes agregaciones de datos individuales generadas, es decir, para cada serie de coronas definidas por amplitudes crecientes de 10 a 500 m.

De los resultados obtenidos merece la atención, en primer lugar, las bondades de ajuste, a través del indicador R^2 , que se recogen en el Cuadro 2. Dos de los modelos, el lineal y el logarítmico, muestran un comportamiento similar, caracterizado por una creciente bondad de ajuste a medida que las unidades espaciales (coronas) aumentan de tamaño. Ambos modelos, pues, aparecen como altamente sensibles ante la magnitud de la agregación espacial, llegando a niveles de R^2 bastante altos, para pocas y grandes unidades espaciales. Este fenómeno cabía presumirlo, en virtud del siguiente razonamiento: la variabilidad

CUADRO 2
BONDAD DE AJUSTE DE LOS MODELOS PARA LOS DIFERENTES
TAMAÑOS DE LAS CORONAS

Coronas (m)	COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R^2)				
	MODELOS				
	Lineal	Logarítmico	Inverso	Potencial	Exponencial
10	0,053	0,218	0,761	0,99250	0,99370
25	0,160	0,400	0,813	0,96779	0,96162
50	0,323	0,581	0,855	0,92405	0,89554
100	0,637	0,787	0,810	0,79801	0,79479
250	0,929	0,964	0,920	0,87923	0,93878

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El coeficiente para las coronas de 500 m no se han incluido ya que al ser sólo dos ocasionaban un ajuste «perfecto», por lo que su R^2 era la unidad.

espacial de la demanda existente (datos individuales), a partir de la agregación en unidades espaciales (e.g. coronas), puede concebirse como descompuesta en dos componentes: la variabilidad intra-unidad y la variabilidad inter-unidades. A medida que aumenta el tamaño de las coronas (unidades) cabe pensar en un cierto trasvase de la varianza inter-unidades a la varianza intra-unidades, es decir, éstas tenderán a ser más heterogéneas (por cuanto acogen más espacio y más demanda), por lo que un ajuste que sólo se basa en la varianza inter-unidades, como es el caso de la aproximación y los modelos aquí ensayados, es previsible que mejore cuando dicho componente de la varianza disminuya. En síntesis, cuando la partición espacial simplifica mucho la variación espacial de la demanda, estos modelos alcanzan muy buen rendimiento, es decir, extraen bien la tendencia de disminución de la demanda espacial con la distancia, que es precisamente lo que proporcionan esos intervalos grandes de distancia.

El modelo inverso exhibe unos ajustes altos para casi todas las particiones, si bien cabe resaltar la singularidad de que con alta desagregación (coronas de 10 m) la calidad del ajuste baja algo y que, por el contrario, alcanza el máximo nivel para las coronas más grandes.

Finalmente, los modelos potencial y exponencial conforman otro grupo distintivo por su alta «performance» con prácticamente todas las particiones espaciales y especialmente con las de mayor desagregación. Tan solo se insinúa una ligera degradación a medida que las coronas son de mayor tamaño. A tenor de ello cabe calificarlos como los más robustos y estables de los aquí considerados.

El segundo aspecto a examinar estriba en los parámetros concretos obtenidos para los distintos modelos ajustados, que se recogen en el Cuadro 3. La primera generalización factible estriba en la notable variabilidad de los parámetros de cada modelo, al modificarse el tamaño de las coronas. Ello supone un problema para el analista interesado en realizar simulaciones para sustentar decisiones, ya que la eventual aplicación de las ecuaciones ajustadas a otras situaciones o lugares (por ejemplo con fines predictivos) exigiría adoptar unas unidades espaciales similares. Una observación más detenida del cuadro permite afirmar que, en bastantes modelos, el valor de los parámetros muestra una consistente tendencia hacia cero a medida que los tamaños de las coronas aumenta. En realidad, el límite de esa tendencia, para las unidades espaciales ensayadas, a veces dista bastante de cero, pero sí

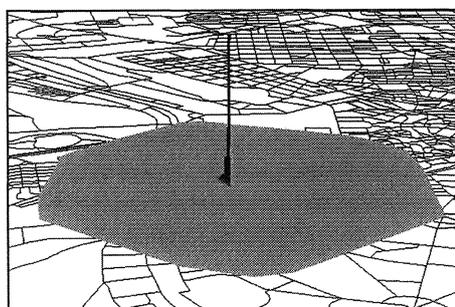
CUADRO 3
PARÁMETROS OBTENIDOS PARA LOS MODELOS CON LOS DISTINTOS
TAMAÑOS DE LAS CORONAS

Amplitud de las co- ronas (m)	Parámetros de los modelos									
	Lineal		Logarítmico		Inverso		Potencial		Exponencial	
	b_0	b_1	b_0	b_1	b_0	b_1	b_0	b_1	b_0	b_1
10	1,0064	-0,0014	5,7275	-0,9175	-0,4246	135,312	13.151,5866	-2,8618	119,7558	-0,1891
25	0,5622	-0,0008	2,6091	-0,4088	-0,1497	73,7383	15.363,7961	-2,5996	25,5995	-0,0787
50	0,4305	-0,0006	1,8045	-0,2774	-0,0880	61,1848	1.874,9455	-1,8582	6,6552	-0,0322
100	0,2912	-0,0004	1,0947	-0,1634	-0,0328	43,8174	98,4592	-1,1935	0,5927	-0,0047
250	0,2525	-0,0003	1,0266	-0,1496	-0,0546	65,3954	665,1241	-1,4663	0,4737	-0,0034

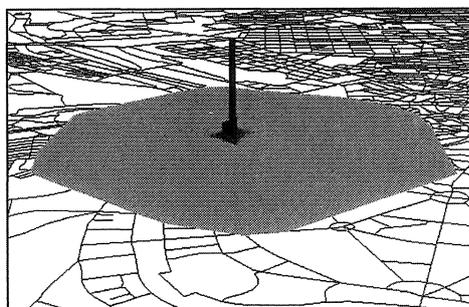
Fuente: Elaboración propia.

aparece notoriamente claro que los parámetros positivos se van reduciendo, en tanto que los más negativos se acercan hacia cero («aumentando» pues su valor). Las únicas excepciones a esta regla las exhiben, puntualmente, los modelos inverso y potencial por razones no bien determinadas.

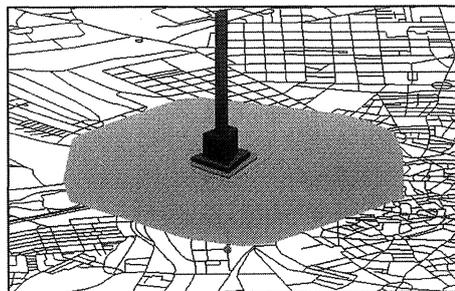
Finalmente, y al objeto de completar los resultados obtenibles con la metodología expuesta, se ha elaborado otra serie de mapas en perspectiva representando los valores estimados de gasto promedio por habitante, para los diferentes tamaños de las coronas (Fig. 4). A tal fin se ha seleccionado, como ejemplo ilustrativo, el modelo exponencial por su buen comportamiento con los distintos tamaños de coronas, aunque, como hemos constatado, el potencial no le va a la zaga en robustez. El examen de los mismos denota, en primer lugar, la regularidad en el descenso del gasto con la distancia que cualquiera de los modelos simples ensayados aquí tiende a producir. Se trata por tanto de una tendencia general, que ahora queda bien definida, aunque deban adoptarse unos parámetros de la función acordes con el nivel de agregación espacial elegido. El desigual detalle (amplitud de las coronas) permite, bien apreciar y predecir la fuerte demanda espacial en torno al punto de oferta cuando se aplican intervalos pequeños, como en los casos A, B o C, bien la gradación más suave asociada a los intervalos de tamaño medio. Y en segundo lugar, cabe enunciar que un modelo tal podría ser empleado con fines predictivos, siguiendo el principio de analogía que el método homónimo ha popularizado.



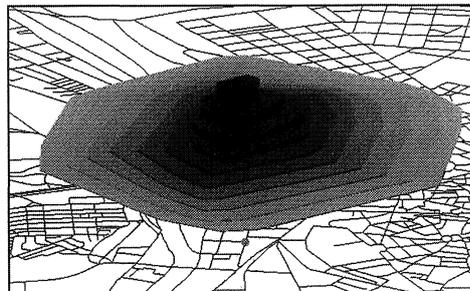
A) Coronas de 10 m



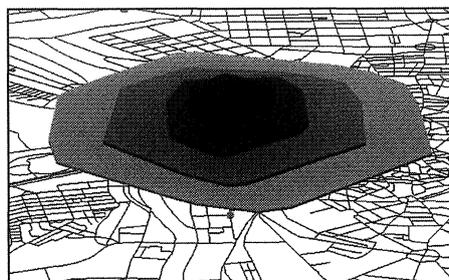
B) Coronas de 25 m



C) Coronas de 50 m



D) Coronas de 100 m



E) Coronas de 250 m

FIG. 4.—*Representación de la estimación del gasto promedio por habitante en el establecimiento analizado según el modelo exponencial con diferentes tamaños de coronas.*

6. Conclusiones

La aplicación de ciertos métodos de representación y modelado del área de mercado de un establecimiento comercial o de servicios está sujeta a las oportunidades y limitaciones del problema de la unidad espacial modificable. En este trabajo se ha abordado esta cuestión de manera experimental, tratando de mostrar cómo la imagen cartográfica y el modelado del área de mercado para un caso concreto se ven alterados por los cambios en la agregación de los datos de la clientela por coronas de distancia al establecimiento. A partir de los resultados obtenidos cabe establecer algunas conclusiones.

En la serie de mapas examinados, los que usan muchos o muy pocos intervalos (coronas) resultan inadecuados por simplificar o detallar en exceso. Los que utilizan intervalos entre 50 y 250 m recogen más fielmente la realidad, por lo que cabe recomendarlos.

A la hora del modelado, la puesta a prueba de varias funciones comunes para representar la caída de la demanda con la distancia ha evidenciado desigualdades muy palpables entre ellas. Dos grupos de modelos se han podido discernir. Por un lado aquéllos cuya bondad de ajuste aumenta con el tamaño de las unidades espaciales de análisis; aquí se encuentran el lineal, el logarítmico y, en menor medida, el inverso de la distancia. Tal evidencia concuerda con la reportada por Fotheringham y Wong (1991) y hace especialmente grave y crítica la elección de dichas unidades espaciales, por cuanto la solidez de las conclusiones y su aplicabilidad ulterior queda muy afectada por la generalización que las unidades grandes conlleva. Dicho de manera más clara, un buen ajuste del modelo se consigue a expensas de una intensa agregación espacial de los datos, pero tal estrategia, como hemos comprobado con la visualización cartográfica, desemboca en una simplificación desmesurada, por lo que resulta desaconsejable.

Pero, por otro lado, también se ha conformado un segundo grupo de modelos (el exponencial y el potencial), cuya calidad de ajuste se ha mantenido muy alta, pese a la variación en tamaño de las coronas. Ello permite un cierto grado de optimismo, por cuanto denota una notable consistencia y robustez de tales modelos, lo que les avalaría a la hora de elegir herramientas cuantitativas por parte del analista. Naturalmente, los parámetros de este último grupo de modelos necesariamente han de cambiar, a medida que varían los agregados espaciales (y por ende,

los valores calculados del indicador de demanda). Tal hecho resulta ineludible, pero su trascendencia es menor, por cuanto a la hora de la aplicación de un modelo concreto, la cautela entonces consistiría en adoptar unas unidades espaciales análogas (por ejemplo, las coronas a través de vías de transporte) a las utilizadas en la fase previa de calibrado.

De lo expuesto se puede colegir que existen algunas alternativas técnicas al problema de la unidad espacial modificable, al menos según los hallazgos aquí reportados. Ello no colisiona frontalmente con la alternativa, que algunos autores han postulado, de buscar esquemas de zonificación o agregación espacial óptimos. Planteada de manera radical quizá sea desmedida tal aspiración o meta, por cuanto probablemente existen varias particiones espaciales con un grado de idoneidad similar para representar un fenómeno o proceso dado que se despliega a una determinada escala. El reto podría reorientarse más bien hacia la identificación de conjuntos de particiones razonablemente satisfactorias o buenas, tras una investigación sistemática de cómo el proceso abordado se estructura o configura espacialmente. El ensayo con diferentes tipos de particiones espaciales podría, como en nuestro estudio se ha demostrado, detectar unidades espaciales convenientes, en tanto en cuanto distorsionasen como mucho levemente (y no gravemente) la distribución espacial no agregada del fenómeno. Se trataría por tanto de determinar un subconjunto de unidades espaciales que se aproximasen al concepto de «unidad natural» que en otros casos se puede establecer sin problemas. Ello abriría la posibilidad y legitimaría la obtención de modelos bien calibrados que no fuesen simples «artefactos» derivados de particiones caprichosas o carentes de fundamento racional.

En cualquier caso, y en última instancia, lo que parece sensato postular es que un modelo calibrado a partir de una partición espacial concreta, podría ser aplicado con cierta legitimidad (por ejemplo con fines predictivos) a otros supuestos que adopten un tipo de partición espacial similar.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVANIDES, S., y OPENSHAW, S. (1999): «Zone design for planning and policy analysis», en STILLWELL, J., GEERTMAN, S. y OPENSHAW, S. (Eds.): *Geographical information and planning*, Berlin, Springer, pp. 299-315.
- BOSQUE SENDRA, J. (1995): *Organización territorial de la población de la Comunidad de Madrid*, Madrid, Consejería de Economía.
- BOSQUE SENDRA, J. et al. (1986): «Algunos problemas metodológicos de las técnicas cuantitativas en Geografía Humana», en *La Geografía teórica y cuantitativa. Concepto y métodos*, Oviedo, Universidad de Oviedo, pp. 55-74.
- CURRENT, J. y SCHILLING, D. (1987): «Elimination of source A and B errors in p-median location problems», *Geographical Analysis*, 19, 2, pp. 95-112.
- FOTHERINGHAM, A., y WONG, D. (1991): «The modifiable area unit problem in multivariate statistical analysis», *Environment and Planning A*, 23, pp. 1025-1044.
- GÓMEZ GARCÍA, N. (2001): «Análisis de la localización y el área de mercado para el pequeño comercio minorista. Estudio de caso sobre el sector de droguería-perfumería», en MORENO JIMÉNEZ, A. (Dir.): *Geomarketing con sistemas de información geográfica*, Madrid, Dpto. de Geografía de la Universidad Autónoma-Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección de la AGE, pp. 52-76.
- GREEN, M. y FLOWERDEW, R. (1996): «New evidence on the modifiable areal unit problem», en LONGLEY, P. y BATTY, M. (eds.): *Spatial analysis: Modelling in a GIS environment*, Cambridge, Geoinformation International, pp. 41-54.
- HAINING, R. (2003): *Spatial data analysis: theory and practice*, Cambridge, Cambridge University Press.
- HILLSMAN, E. y RHODA, R. (1978): «Errors in measuring distances from populations to service centers», *The Annals of Regional Science*, XII, 3, pp. 74-88.
- HUFF, D., y BATSELL, R. (1977): «Delimiting the areal extent of a market area», *Journal of Marketing Research*, XIV, pp. 581-585.
- JIMÉNEZ, A. et al. (1989): «La demanda espacial para centros de la tercera edad: un ensayo de definición operativa», *II Jornadas sobre Población Española*, Palma de Mallorca, Universitat de les Illes Balears, pp. 263-273.
- JONES, K., y SIMMONS, J. (1990): *The retail environment*, Londres, Routledge.
- KAJANOJA, J. (1975): «The problem of aggregation in location models», en KARLKVIST, A. et al. (eds.): *Dynamic allocation of urban space*, Farnborough, Saxon House & Lexington Books, pp. 327-343.
- MEDINA, O. (1995): «Métodos para la localización de establecimientos minoristas», *Distribución y Consumo*, 20, pp. 17-28.
- MORENO JIMÉNEZ, A. et al. (1991): «Los centros culturales en Madrid. Un análisis geográfico de la provisión y el uso», *Estudios Geográficos*, 205, pp. 697-730.
- MORENO JIMÉNEZ, A. (2001, Dir.): *Geomarketing con sistemas de información geográfica* Madrid, Dpto. de Geografía de la Universidad Autónoma-Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección de la AGE.
- MORENO JIMÉNEZ, A. (2002): «Delimitación y predicción del área de mercado para establecimientos de servicios a los consumidores con sistemas de información geográfica», *Estudios Geográficos*, 247, pp. 279-302.
- MORENO JIMÉNEZ, A. (2003a): «Posicionar el conocimiento geográfico al servicio de la función comercial: orientaciones y oportunidades actuales», en SEGUI PONS, J. M. (Edit.): *Los servicios, los transportes y las redes territoriales. Els serveis, els transports i les xarxes territorials*, Palma de Mallorca, Universitat de les Illes Balears; Asociación de Geógrafos Españoles (AGE), Grupo de Geografía de los Servicios, 35 pp. Publicado en CD-Rom.

- MORENO JIMÉNEZ, A. (2003b): «Modelado y representación cartográfica de la competencia espacial entre establecimientos minoristas», *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 35, pp. 55-78.
- OPENSHAW, S. (1984): *The modifiable areal unit problem. Concepts and Techniques in Modern Geography*, n.º 38, Norwith, Geo Books.
- OPENSHAW, S., y TAYLOR, P. (1981): «The modifiable areal unit problem», en WRIGLEY, N., y BENNETT, R. (Eds.): *Quantitative Geography: a British view*, Londres, Routledge and Kegan Paul, pp. 60-69.
- O'SULLIVAN, D., y UNWIN, D. (2003): *Geographic information analysis*, Hoboken, John Wiley and Sons.
- RATKOWSKY, D. (1990): *Handbook of nonlinear regression models*, Nueva York, Marcel Dekker Inc.
- RODRÍGUEZ-BACHILLER, A. (1983): «Errors in the measurement of spatial distances between discrete regions», *Environment and Planning A*, 15, pp. 781-799.
- ROSS, G. (1990): *Nonlinear estimation*, New York, Springer Verlag.
- SEBER, G., y WILD, C. (1989): *Nonlinear regression*, Nueva York, John Wiley and Sons.
- TAYLOR, P. J. (1983): *Distance decay in spatial interaction. Concepts and Techniques in Modern Geography*, n.º 2, Norwich, GeoAbstracts.

RESUMEN: Dentro del geomarketing, y en aras de solventar problemas de decisión espacial por parte de las empresas comerciales y de servicios a escala local, una de las tareas comunes estriba en cartografiar y modelar las áreas de mercado, combinando la tecnología SIG con técnicas estadísticas. A tal fin se parte de conceptos y datos relativos a la demanda (por ejemplo, tasa de penetración, cuota de mercado, gasto per cápita, etc.) referidos a determinadas unidades espaciales. Ante las evidencias que estudios previos han obtenido sobre el llamado problema de la unidad espacial modificable (PUEM), en este trabajo se investiga cómo se ve afectada la representación y modelado del área mercado cuando se adoptan conjuntos distintos de unidades espaciales. Las conclusiones permiten valorar el alcance de dichos efectos, proporcionan recomendaciones para elegir de manera más atinada las unidades espaciales a la hora de aplicar los SIG y coadyuvan, en última instancia, a mejorar la toma de decisiones sobre localización de nuevos establecimientos mediante el método de la analogía.

PALABRAS CLAVE: geomarketing, área de mercado, visualización cartográfica, modelos predictivos, unidad espacial modificable, sistemas de información geográfica

ABSTRACT: In geomarketing, mapping and modelling market areas, using GIS and statistical techniques, are common tasks when approaching spatial decision problems by retail and service firms. To this end, concepts and data concerning to demand (e.g. penetration rate, market share, sales per customer, etc.), referred to spatial units, are used. Based on previous evidence on the so-called modifiable spatial unit problem, in this paper it is explored how the cartographic representation and modelling of market area are affected when different spatial units are used. The conclusions allow to apprehend the scope of such effects, provide suggestions for a more thoughtful choice of spatial units when GIS are applied, and, lastly, help to improve decision making on new store location through the analog approach.

KEY WORDS: geomarketing, market area, cartographic visualization, predicting models, modifiable spatial unit, geographic information systems.