

HACIA UNA METODOLOGÍA PARA LA DETECCIÓN DE SUBCENTROS COMERCIALES: UN ANÁLISIS PARA BARCELONA Y SU ÁREA METROPOLITANA.

Manuel Ruiz-Lineros¹ - Carlos Marmolejo Duarte²

Departament de Construccions Arquitectòniques I
Centre de Política de Sòl i Valoracions.
Universitat Politècnica de Catalunya.

Remisión Artículo: 25-7-2008

Remisión definitiva: 28-8-2008

Palabras Clave: Estructura metropolitana, delimitación de subcentros, densidad de empleo, subcentros comerciales, Barcelona.

Resumen.

La natural evolución de las áreas metropolitanas ha dado paso a sistemas policéntricos en los cuales la actividad económica no se localiza principal ni exclusivamente en el CBD, lo que obliga a abrir nuevas metodologías que permitan detectar la estructura de estos sistemas urbanos. Utilizando información del área metropolitana de Barcelona, en este artículo se analiza un conjunto de modelos que tienen por objeto detectar subcentros de comercio al detalle a escala territorial. En concreto se utilizan cinco modelos paramétricos (Lineal, Exponencial, Estándar, Gravitatorio, Doble Logarítmico) que tienen por objeto explicar en primera instancia utilizando solamente la distancia a Barcelona, y en segunda, la distancia a los subcentros potenciales, la distribución espacial de la densidad comercial a nivel municipal. Dos son las aproximaciones de densidad comercial utilizadas: 1) la densidad de empleos localizados especializados en comercio al detalle, derivados de la matriz de movilidad obligada del Censo, y 2) la densidad de compradores localizados, derivada de la encuesta de movilidad cotidiana. Los resultados sugieren que el modelo más eficiente es el exponencial, seguido del gravitatorio. Asimismo se confirma el carácter policéntrico del área metropolitana en estudio, en la cual; sin embargo, el CBD tiene la mayor influencia sobre la distribución espacial de la densidad comercial.

Introducción.

La evolución de las áreas urbanas ha derivado en estructuras policéntricas alejadas del modelo monocéntrico teorizado desde Von Thunen en la década de '60. La mayoría de los modelos posteriores han basado sus esfuerzos en tratar de explicar la descentralización de la actividad residencial, sin embargo un número menor de estudios han centrado su atención en el estudio de la descentralización y la estructura de los nuevos polos de distribución comercial. En este

¹ Persona de contacto: Manuel Ruiz, correo electrónico: manuel.andres.ruiz@upc.edu,

² Persona de contacto: Carlos Marmolejo, correo electrónico: carlos.marmolejo@upc.edu,

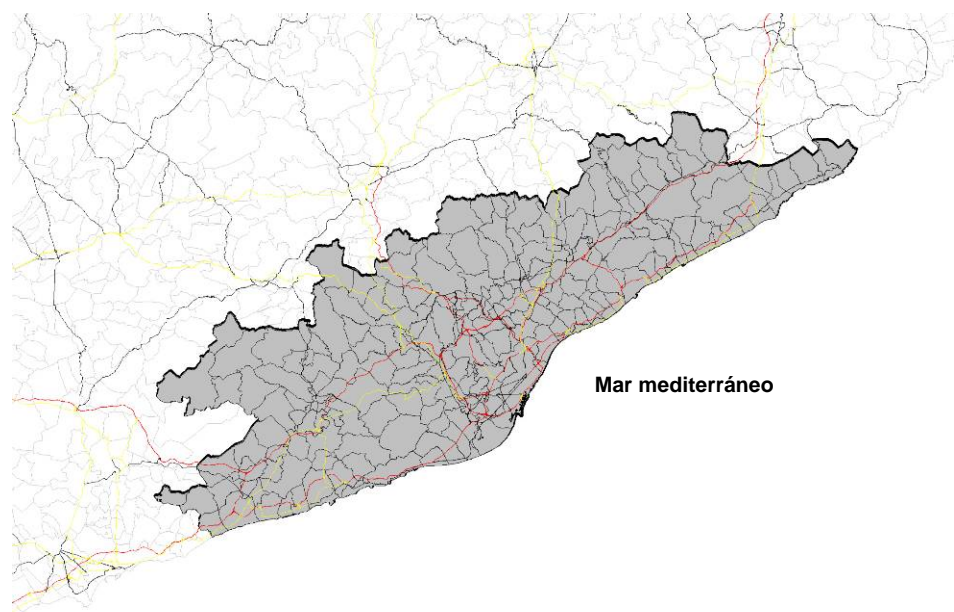
Los autores están en el Centro de Política de Suelo y Valoraciones de la Universidad Politécnica de Cataluña.

sentido este artículo pretende validar una metodología de identificación de subcentros comerciales. Para esto se contrastarán distintos modelos econométricos a fin de destacar cuál de ellos se muestra más eficiente para explicar la distribución espacial de la densidad de empleo en el área metropolitana de Barcelona (AMB). Finalmente dicha comparación permitirá constatar si los subcentros delimitados en cada una de las metodologías seleccionadas representan realmente elementos vertebradores de la estructura urbana metropolitana. Por lo tanto en este artículo se pretende 1) Identificar a partir de una metodología basada en modelos paramétricos, subcentros de empleo comercial del Área Metropolitana de Barcelona. 2) Comprobar de la eficiencia de cada conjunto de subcentros identificados mediante cada metodología, y 3) Comprobar si la AMB tiene una estructura policéntrica o monocéntrica.

1. Área de estudio

El área de estudio (Fig. 1) corresponde a la delimitación funcional propuesta por Roca y Moix (2004) denominada “Veguería Metropolitana de Barcelona”, la cual está conformada por la agregación progresiva de municipios³ en función de su máxima relación de residencia-trabajo. En concreto dichos autores utilizan el valor de interacción en el cual las relaciones de flujos de trabajadores entre los municipios así como las masas (expresadas en términos de lugares de trabajo y población ocupada residente) permiten conocer el nivel de ligazón funcional que relaciona a los municipios (o la agregación de los mismos). Esta aproximación permite encontrar ámbitos funcionales supramunicipales (iniciando con protosistemas y acabando con veguerías), los cuales muestran una clara relación con las condicionantes geográficas y las comunicaciones territoriales.

Figura 1 Veguería de la Región Metropolitana de Barcelona



³ Este proceso se realiza a partir de la agrupación de municipios en protosistemas, luego continua con la unión de protosistemas en comarcas provisionales para obtener proto-veguería, las cuales además de poseer entre ellas la máxima relación entre residencia-trabajo deben cumplir otras condiciones como masa crítica, autonomía de mercado de trabajo e índices de autocontención y autosuficiencia.

Esta área está compuesta por 188 municipios que ocupan alrededor de 3.800.000 km² de extensión y en los que viven alrededor de 4.5 millones de habitantes, según los datos del Censo de Población y Vivienda del año 2001. El municipio de Barcelona se presenta como la ciudad capital que cuenta con más de 1.5 millones de habitantes, a continuación se encuentra la primera corona metropolitana, área que gravita alrededor de los 9 Km, esta es extremadamente densa y urbanizada con polígonos de vivienda y posee una segunda corona que combina usos residenciales con niveles de densidad marcadamente inferiores a los de la primera corona e industriales. Más allá de la segunda corona 17 Km, aparece un conjunto de ciudades medianas en forma de arco y unos corredores metropolitanos donde se mezclan usos rurales y urbanos (Muñiz *et al.*2003).

2. Metodología

La metodología aplicada en este trabajo intenta desde una perspectiva empírica determinar e identificar los diferentes subcentros de empleo, específicamente los dedicados a la distribución comercial al detalle, que subyacen en los distintos sistemas urbanos que conforman las áreas metropolitanas. Así se establecerá que un subcentro comercial será un municipio que presente una densidad de trabajadores comerciales superior a la estimada en un modelo monocéntrico de la región metropolitana de Barcelona, donde Barcelona, como municipio es homologable a un CBD⁴.

Fuera de ello, se establecerá si estos municipios presentan características de atracción de viajes comerciales, los pasos específicos que se han seguido en este trabajo son:

- 1) En una primera etapa se calculan las densidades netas de empleo y compradores localizados.
- 2) Calibración de diferentes modelos paramétricos en donde la variable dependiente es la densidad de empleos o compradores a nivel municipal, según sea el caso a explicar, y la variable explicativa es la distancia al CBD (Barcelona).
- 3) En una tercera etapa se procede a calcular los (residuos) errores de la estimación.
- 4) Selección de posibles candidatos a partir de la determinación de umbrales de corte de los residuos positivos.
- 5) Validación de la selección de subcentros a partir de la inclusión de los mismos en la explicación de la densidad tanto de compradores como de empleos comerciales a escala metropolitana.
- 6) Análisis y construcción indicadores de naturaleza económica y jerarquiza de actividades centrales de subcentros identificados.

2. Datos

Los datos utilizados en este trabajo corresponden a la información de movilidad origen/destino de la Encuesta de Movilidad Cotidiana⁵ (EMQ 2001) y a los Lugares de Trabajo Localizados (LTL), obtenidos de la matriz de movilidad obligada del censo de población y vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) el año 2001.

La principal ventaja de la utilización de la información de LTL, consiste en que se encuentra desagregada a escala municipal, hasta 3 dígitos correspondiente a la Clasificación Nacional de Actividad Económica (CNAE 1993) y en segundo lugar que puede ser cruzada con la

⁴ Distrito Central de Negocios, CDB, es su acrónimo en inglés.

⁵ La encuesta se realizó a la población residente a la Región Metropolitana de Barcelona ampliada (ATM). Del conjunto de la población se analiza su movilidad, recogiendo todos los desplazamientos que se hacen durante una semana. La validez proviene del hecho de que recoge exhaustivamente los hábitos de movilidad en todas partes de la Región Metropolitana de Barcelona (hasta 200 municipios que constituyen la zona de influencia ampliada que gestiona la ATM), en pesar que se trata de un ejercicio muestral y no censal. Es precisamente esta exhaustividad espacial, y el hecho de que incluye todo tipo de desplazamientos comercial, el que motiva que la utilidad pragmática de la EMQ sea por encima de la

Clasificación Nacional de Ocupación (CNO 1993), y finalmente que permite dar una visión territorial por municipios completa.

En este artículo se ha usado la información de los LTL desagregados a 2 dígitos. El grupo 52 es el que se refiere al comercio al por menor y que será utilizado para calcular la distribución de la densidad de la actividad comercial.

En relación a las densidades utilizadas en este trabajo, es necesario explicar que la primera se refiere a la densidad de lugares de trabajo localizados del comercio al por menor (DLTL_52), la cual es producto del cálculo del número de Lugares de trabajo localizados de comercio al por menor de cada municipio, dividido por la superficie urbanizada neta del mismo municipio, calculada según datos del "Corine Land Cover 2000", y la segunda densidad a explicar corresponde a la Densidad de la Movilidad Comercial (MOV_COM), la cual corresponde al número de compradores localizados derivados de la matriz de movilidad comercial calculado como el número total de compradores que se desplazan hacia un municipio dividido por la superficie de dicho municipio.

Por su parte las distancias utilizadas en este artículo se refieren a las distancias reales por carretera calculadas mediante un Sistema de Información Geográfica.

3. La delimitación de los subcentros de empleo en la literatura

Desde la perspectiva conceptual un subcentro es un área en el territorio en la cual se concentra una gran cantidad de actividad, es decir cuando hablamos de *subcentro urbano* nos referimos a una unidad territorial que tiene una singularidad de densidad de empleos y se configura como un ente articulador de territorio generando viajes hacia él, por lo tanto, un *subcentro comercial* es una unidad del territorio donde se atraen viajeros de compras, masas laborales y hogares, donde uno puede presentar una mayor densidad de trabajadores generando un punto singular del territorio.

La capacidad funcional de los centros y subcentros dependerá factores intrínsecos al sitio, pero también de la capacidad de acceder a ellos y como se conectan con el resto de la metrópolis funcional⁶. Por lo cual, la eficacia de las líneas de transporte como sus niveles de eficiencia o servicio serán importantes para la consolidación de un sector determinado (Gordon, 1996).

Dicha actividad puede ser residencial o económica. En ambos casos la concentración implica una alta densidad. Sin embargo, la densidad no es un argumento suficiente, en tanto se espera que el subcentro no sólo sea una concentración sino, y sobre todo, un punto de referencia del territorio caracterizado por una alta capacidad de estructuración del territorio. Dicha estructuración puede manifestarse a través de los flujos de interacción que se generan a partir de él (p.e.: los flujos de trabajadores, o en nuestro caso, de compradores). Por esta razón McMillen (2001) encuentra razonable definir que un subcentro influencia las densidades de otras áreas que se encuentran cercanas a él.

En la literatura los métodos relacionados con la detección e identificación de subcentros de empleo, han ganado progresiva complejidad. De esta manera puede decirse que los actuales gozan de cierta objetividad y eficiencia en relación a los estudios realizados en la década del 80, que utilizaban criterios poco científicos, más bien podían definirse como administrativos o históricos (Greene, 1980; Griffith, 1981a y 1981b, entre otros), posteriormente la literatura evolucionó dando resultados innovadores basados en estudios empíricos para analizar la estructura y distribución del empleo, como los trabajos de McDonald (1987) y Giuliano & Small (1991).

Roca *et al.* (2007) han revisado el estado del arte en materia de detección de subcentros llegando a la siguiente sistematización:

1. En un primer grupo podrían ser incluidos los criterios basados en "Identificar picos de densidad de empleo en relación a las zonas contiguas", este criterio fue sugerido por McDonald en 1987 y ha sido utilizado para analizar la distribución espacial de la

⁶Se encuentra implícito que la policentralidad se entenderá en un ámbito metropolitano funcional.

función de densidad, algunos como Gordon, Richardson & Wong (1986), restringieron el número de subcentros a aquellas zonas con altos *t-values* en un modelo policéntrico de población y empleo.

2. El segundo grupo se centra en el análisis de identificación de subcentros a través de la utilización de “umbrales de referencia” (*cutoffs*). La mayoría de trabajos que aplican este método consideran un doble umbral, uno para el número de puestos de trabajo y otro para la densidad de empleo (Giuliano y Small, 1991; McMillen y McDonald, 1997), aunque algunos trabajos añaden un umbral adicional para el ratio de puestos de trabajo por población residente.
3. El tercer grupo, analiza desde una perspectiva de mayor rigor estadístico, la identificación de los subcentros mediante la utilización de métodos paramétricos, y especialmente el análisis de los *residuos en una función densidad de empleo exponencial negativa*. Los autores que destacan son McDonald & Prather (1994) los cuales ensayan un modelo de regresión basados en el modelo exponencial negativo y McMillen, 2001. McDonald (1987).
4. La utilización de *métodos no paramétricos, como la locally o geographically weighed regresión (L/GWR), para la identificación de “picos” locales de densidad de empleo* se enmarca dentro del cuarto grupo de metodologías utilizadas. Desde esta perspectiva la estimación no paramétrica de la densidad de empleo se produce localmente, lo que permite adaptar la identificación de subcentros a la realidad espacial de la estructura urbana. McMillen (2001).
5. La última metodología corresponde a la delimitación de subcentros mediante el análisis de la movilidad obligada por motivos de trabajo. Los principales trabajos respecto a esta alternativa han sido elaborados por Bourne, 1989; Gordon & Richardson, 1996; Burns, Moix & Roca, 2001; Roca & Moix, 2004 y Roca *et al.*, 2007.

4. Identificación de subcentros de empleo

En este trabajo, se han ensayado diversos modelos paramétricos, los cuales se basan en distintas especificaciones funcionales de la variación de la densidad en función a la distancia al CBD. En concreto se trata de encontrar la función de densidad que mejor se adapte a la observada, la cual empieza a descender a medida que incrementa la distancia desde el CBD hacia la periferia. Una vez encontrada la mejor forma funcional se analizan los residuos entre las densidades observadas y las predichas por los modelos, de manera que dichos residuos permiten detectar los municipios que más se alejan de la curva descendente, los cuales son considerados como potenciales subcentros.

La primera variable a explicar es la Densidad de Lugares de Trabajo Localizados del Comercio al por menor, a partir de ahora DLT_{L_52}⁷ y la segunda variable a explicar corresponde a la Densidad Compradores Localizados, a partir de ahora MOV_{COM}⁸, la cual corresponde al número de compradores localizados obtenidos derivados de la matriz de movilidad comercial. Siguiendo a Roca *et al.* (2007) se han ensayado las siguientes funciones:

Modelo lineal:

$$D(x) = bx + k \quad (1)$$

Modelo *exponencial negativo (EXP)*:

$$D(x) = ae^{b \cdot x + k} \quad (2)$$

⁷ Entiéndase la densidad de LTL₅₂, como el cálculo del número de Lugares de trabajo localizados de comercio al por menor de cada municipio, dividido por la superficie neta del mismo municipio, calculada según datos del “Corine Land Cover 2000”, Programa de la unión Europea creado en 1985.

⁸ Entiéndase la densidad de la movilidad comercial, como el número total de compradores (De acuerdo a la EMQ 2001) que se desplazan de un municipio a otro, dividido por el total de desplazamientos de ese municipio de origen, multiplicado por la población del respectivo municipio.

Modelo exponencial negativo – versión logarítmica (*estándar*):

$$\ln D(x) = -bx + k \quad (3)$$

Modelo potencial inverso, o *gravitatorio* (*GRAV*):

$$D(x) = ax^b + k \quad (4)$$

Modelo gravitatorio – versión logarítmica (*log-log*):

$$\ln D(x) = b\ln(x) + k \quad (5)$$

6.1. Calibración de los modelos para la densidad de empleos comerciales.

Al analizar los resultados de los modelos que intentan ajustarse a la densidad de LTL52 usando como variable explicativa la distancia al CBD (municipio de Barcelona) se puede observar en la tabla 1, la baja eficiencia⁹ del modelo Lineal, que apenas alcanza una $r^2 = 0,212$, al igual que el modelo Estándar, que alcanza una $r^2 = 0,341$. Es importante destacar el mejor comportamiento de los modelos Gravitatorio y Log-Log con una $r^2 = 0,492$ y $0,418$ respectivamente, pero sin duda el modelo que mejor explica la variación de la densidad de empleo comercial, es el modelo Exponencial, el cual alcanza una $r^2 = 0,642$, considerablemente superior en relación a los demás modelos ensayados.

Tabla 1 Modelos de Densidad de empleo (LTL52/Km2) en función de la distancia al CBD

	Lineal	Exponencial	Estándar	Gravitatorio	Log-Log
K	143,736	2,510	4,618	759,325	10,897
a		64,680		- 441,401	
b	- 2,368	- 0,114	0,061	0,134	- 2,459
r²	0,212	0,642	0,341	0,492	0,418
Error est.	93,452		1,733		1,614
F	50,045		95,149		131,287
SIG	2,96E-11		2,21E-18		2,92E-23

Fuente: Elaboración propia.

Al reemplazar los datos obtenidos de la calibración de la fórmula el resultado se obtiene de la siguiente forma para el modelo exponencial:

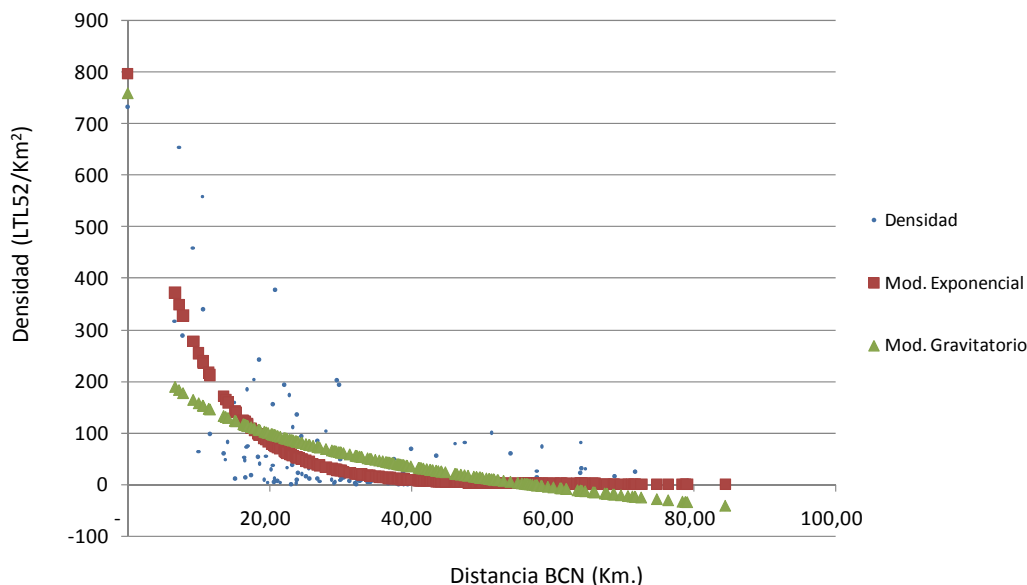
$$D(x) = 64,680 * e^{-0,114 * \text{DistCBD} + 2,510}$$

, y para el modelo gravitatorio:

$$D(x) = -0,114 * \text{DistCBD}^{0,134} + 759,325$$

⁹ Entendiendo que la eficiencia de un modelo está representada mediante el coeficiente de determinación (R^2), el cual compara los valores calculados y los reales, y los rangos con valor de 0 a 1. Si es 1, hay una correlación perfecta en la muestra, es decir, no hay diferencia entre el valor y calculado y el valor y real. En el otro extremo, si el coeficiente de determinación es 0, la ecuación de regresión no es útil para predecir un valor.

Figura 2 Comparativa de Densidad real de LTL_52 y densidades predichas.



En la Figura 2 se representan los resultados de los dos mejores modelos y su grado de eficiencia en determinadas distancias, se observa que el modelo exponencial, parece ser más eficiente y ofrecer un mejor comportamiento en las distancias cercanas al CBD y en las más alejadas a este, siguiéndolo en eficiencia el modelo gravitatorio en las distancias medias, siendo poco eficiente en las cortas y largas distancias. *Adicionalmente el modelo gravitatorio predice densidades negativas para los municipios ubicados allende 60 km a partir del municipio de Barcelona, lo cual pone de manifiesto su menor capacidad de ajuste.*

6.2 Calibración de los modelos para la densidad de compradores localizados.

La segunda aproximación consiste en detectar los subcentros a partir del número de compradores localizados. En este sentido se esperaría una coincidencia entre ambas metodologías en tanto que los candidatos a subcentros de empleo comercial tendrían que poseer la mayor capacidad para captar el flujo de los compradores de sus áreas de mercado. No obstante, a pesar de la similitud en la capacidad de captar flujos comerciales, el modelo exponencial con la variable de lugares de trabajos localizados sobresale ligeramente en relación a los compradores localizados. Los resultados pueden ser observados claramente en la tabla 5.

6.3 Selección de municipios candidatos a subcentros.

La identificación de subcentros se ha efectuado mediante “umbrales de corte¹⁰”. Dichos umbrales se han calculado a partir del análisis de los residuos positivos de los modelos paramétricos anteriores (por simplicidad solo se exploran los dos que mejor se adaptan a la distribución de la densidad). En concreto se han establecido tres umbrales, a saber: A) los residuos positivos superiores a la media, B) superiores a la media más una desviación estándar y, C) superiores a la media más dos desviaciones estándar. La figura 3 permite identificarlos visualmente.

Figura 3 Umbrales de Referencia

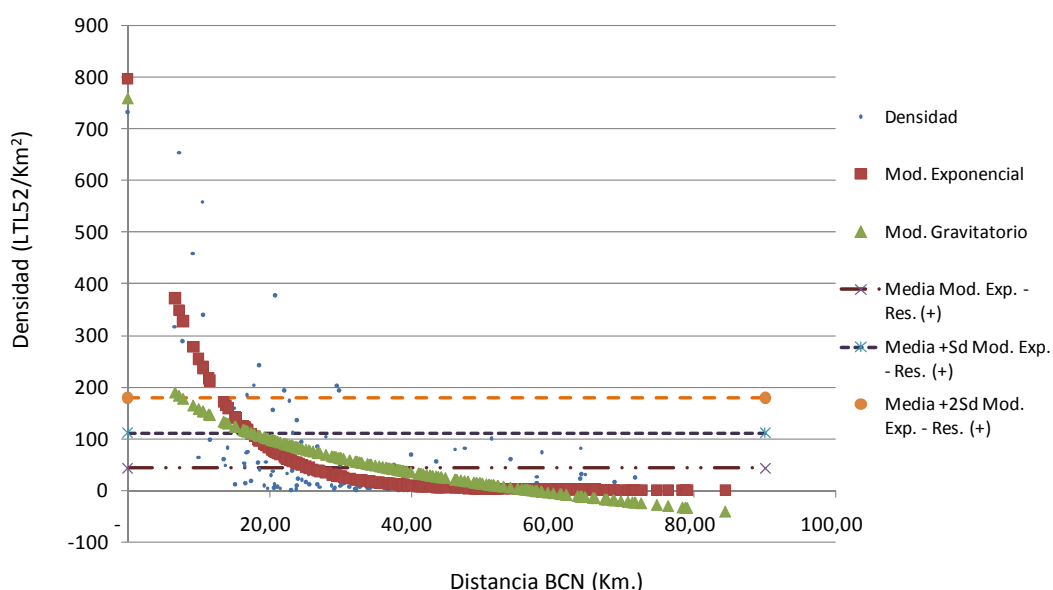


Tabla 2 Media y Desviación Estándar de los residuos positivos de los modelos exponencial y gravitatorio

Variable LTL52	Modelo Exponencial	Modelo Gravitatorio
	Res. Positivos	Res. Positivos
Media	42,760	56,490
Desviación estandar	67,960	83,940

¹⁰ En este trabajo se utilizaran 3 niveles de corte o “Umbrales de densidad de empleo”, para la selección y detección de subcentros, los cuales permitirán corregir y seleccionar los diferentes candidatos a subcentros de acuerdo a la distancia al CBD.

6.3.1 Selección de candidatos a subcentros según el modelo exponencial y la densidad de empleo comercial.

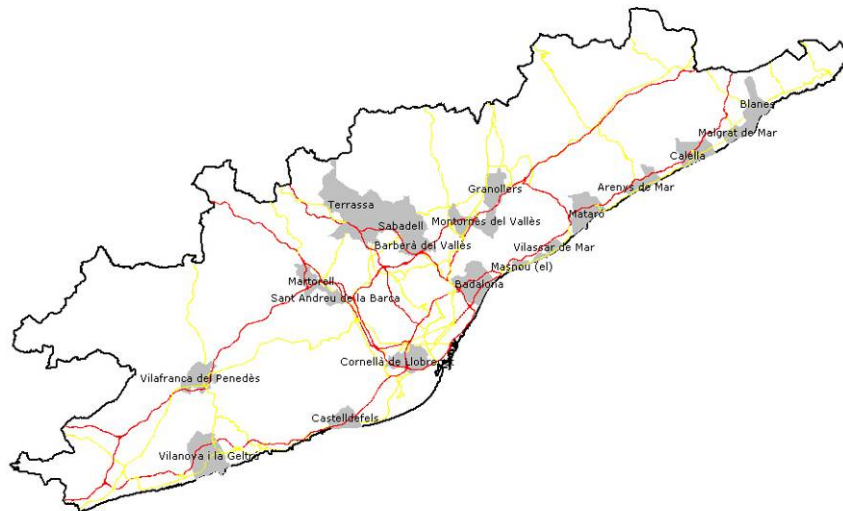
La tabla 3 contiene el número de posibles subcentros detectados con los tres niveles de umbrales de corte para la densidad de empleos comerciales DLTL52. Además, en dicha tabla se han computado el número de desplazamientos casa-compra registrados por la EMQ, expresados tanto en términos absolutos (flujos atraídos al conjunto de subcentros) como en relativos (flujos atraídos al conjunto de subcentros partido por el total de flujos generados en el área de estudio).

Tabla 3 Candidatos a Subcentros de empleo comercial – Modelo Exponencial

Umbral de corte	Municipios candidatos a subcentros	Flujos atraídos	% Flujos atraídos del total del área metropolitana	Flujos atraídos por municipio
Modelo exponencial residuos positivos variable LTL52/SUP				
A Subcentros con residuos positivos>med	26	7.331	31%	282
B Subcentros con residuos positivos>med + sd	9	3.225	14%	358
C Subcentros con residuos positivos>med + 2sd	4	1.485	6%	371

En la figura 4 se observan los resultados del análisis de los residuos positivos resultantes de la aplicación del modelo exponencial según el umbral de corte A el cual sugiere 26 candidatos a subcentros de empleo comercial.

Figura 4 Candidatos a Subcentros – Modelo Exponencial, umbral de corte A – LTL 52 Residuos Positivos



Llama la atención la equilibrada distribución en el territorio de los subcentros seleccionados, ya que se comporta eficientemente en la selección de candidatos en cortas y largas distancias. Dichos candidatos a subcentros coinciden con los municipios de tradición y concentración

comercial del área estudiada, como por ejemplo: Sabadell, Terrassa, Mataró, Vilafranca del Penedès, Vilanova i la Geltrú o Granollers.

Además este modelo demuestra mayor eficiencia en relación al modelo gravitatorio (28%) al concentrar el 31% de los flujos de compradores de los 188 municipios del área estudiada con tan solo 26 subcentros detectados. Demostrando una mayor potencia en cuanto a la captación de flujos, también es importante destacar que los 26 candidatos concentran el 35% del total de los LTL del comercio al por menor de todos los municipios en estudio.

Asimismo también se observa que cuando el umbral se establece de manera más exigente, es decir que el valor de los residuos positivos sean superiores a la media más una desviación estándar (Candidatos B), los candidatos disminuyen a 9 municipios, los cuales se distribuyen en un forma relativamente equilibrada ya que la detección favorece los municipios que se encuentran a menos de 30Km del CBD, no obstante igual detecta a tres candidatos que son parte del continuo urbano de Barcelona (L'Hospitalet de Llobregat, Cornellà de Llobregat y Santa Coloma de Gramenet). Aplicando el nivel más alto de selección, correspondiendo a los residuos positivos mayores a la media más dos desviaciones estándar (Candidatos C), los resultados no son completamente satisfactorios ya que los candidatos detectados solo llegan a 4, los cuales al igual que en los candidatos seleccionados con los umbrales anteriores (A y B) se caracterizan por poseer una tradición comercial y además por que 2 de ellos, igual que en el modelo B se encuentran en el continuo urbano de Barcelona.

La tabla 4, resume el número total de candidatos seleccionados por el modelo exponencial según los distintos umbrales utilizados.

Tabla 4 Resumen Municipios Candidatos a Subcentros

Modelo Exponencial A		Modelo Exponencial A	
INE	Municipio	INE	Municipio
8006	Arenys de Mar	8136	Montornès del Vallès
8015	Badalona	8163	Pineda de Mar
8035	Calella	8172	Premià de Mar
8040	Canet de Mar	8187	Sabadell
8056	Castelldefels	8196	Sant Andreu de la Barca
8073	Cornellà de Llobregat	8219	Vilassar de Mar
8096	Granollers	8245	Santa Coloma de Gramenet
8101	Hospitalet de Llobregat (I')	8252	Barberà del Vallès
8110	Malgrat de Mar	8279	Terrassa
8114	Martorell	8305	Vilafranca del Penedès
8118	Masnou (el)	8307	Vilanova i la Geltrú
8121	Mataró	8904	Badia del Vallès
8124	Mollet del Vallès	17023	Blanes
Modelo Exponencial B		Modelo Exponencial C	
INE	Municipio	INE	Municipio
8073	Cornellà de Llobregat	8073	Cornellà de Llobregat
8096	Granollers	8101	Hospitalet de Llobregat (I')
8101	Hospitalet de Llobregat (I')	8172	Premià de Mar
8121	Mataró	8245	Santa Coloma de Gramenet
8172	Premià de Mar		
8187	Sabadell		
8196	Sant Andreu de la Barca		
8245	Santa Coloma de Gramenet		
8904	Badia del Vallès		

6.3.2 Selección de candidatos a subcentros según el modelo exponencial y la densidad de la movilidad comercial.

A continuación, en la tabla 5, se detallan los resultados del Modelo Exponencial, teniendo como variable dependiente la densidad de compradores localizados.

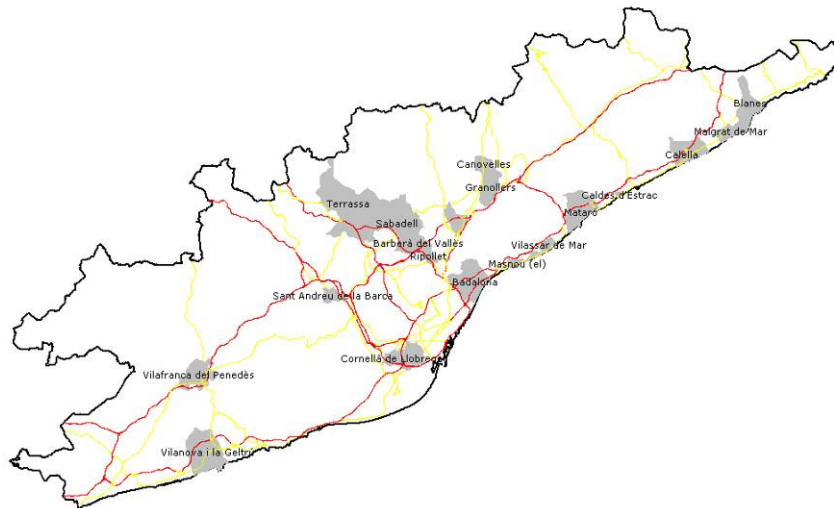
Tabla 5 **Candidatos a Subcentros de compradores localizados– Modelo Exponencial**

Umbral de corte	Municipios candidatos a subcentros	Flujos atraídos	% Flujos atraídos del total del área metropolitana	Flujos atraídos por municipio
Modelo exponencial residuos positivos variable MOV_comercial_KM2/SUP				
A Subcentros con residuos positivos>med	24	7.124	30%	297
B Subcentros con residuos positivos>med + sd	9	4.144	18%	460
C Subcentros con residuos positivos>med + 2sd	5	1.594	7%	319

En la tabla 5, se observa los resultados del análisis de los residuos positivos resultantes de la aplicación del modelo exponencial, el cual permite identificar 24 candidatos a subcentros de empleo (MOV_COM), cuando se estima un umbral de referencia donde los residuos positivos son mayores a la media (Candidatos A).

Este modelo en particular como se observa en la figura 5, destaca, al igual que el explicado en la etapa anterior con la variable LTL 52, por su equilibrada distribución en el territorio, ya que se comporta eficientemente en la selección de candidatos en cortas y largas distancias, no incluye la capital Barcelona y sus candidatos coinciden con los municipios de tradición comercial, turístico y terciaria de la Veguería de la RMB.

Figura 5 **Candidatos a Subcentros – Modelo Exponencial A – Movilidad Comercial Residuos Positivos**



También se observa que este modelo con tan solo 24 subcentros detectados concentra el 30% de los flujos de compradores del área estudiada, es decir de un total de 7.124 flujos generados, en términos municipales se podría decir que cada uno capta 297 viajes. Asimismo cuando estas cifras se transforman a LTL observamos que los municipios detectados poseen

un gran peso en términos de lugares de trabajo localizados de comercio al por menor, ya que logran captar un 33% del total estudiado. Al repetir el análisis de manera más exigente, es decir residuos positivos superiores a la media más una desviación estándar (Candidatos B), los candidatos disminuyen a 9 municipios, los cuales se distribuyen en un forma relativamente equilibrada, ya que la detección identifica los municipios que se encuentran entre la 2ª y 3ª corona, es decir gravitan alrededor de los 30Km. del CBD. No obstante el modelo igual de 9 candidatos detecta a cuatro que identificamos como parte del continuo urbano de Barcelona (Badalona, L'Hospitalet de Llobregat, Cornellà de Llobregat y Santa Coloma de Gramenet). Con respecto al porcentaje de atracción de flujos, este modelo es uno de los más potentes, ya que de un total de 4.144 viajes, este capta un 18%, es decir en términos municipales, unos 460 flujos por municipio. Al analizar el nivel más alto de selección, correspondiendo a los residuos positivos mayores a la media más dos desviaciones estándar (Candidatos C), nuevamente los resultados no son satisfactorios al igual que su homólogo de DLT 52 ya que los municipios identificados llegan a 5.

En la tabla 6, se observan los municipios seleccionados como candidatos a subcentros de acuerdo a cada uno de los umbrales de corte utilizados, como se puede ver, el modelo exponencial A, selecciona 24 municipios, el modelo exponencial B, selecciona 9 municipios y el exponencial C, selecciona solo 5 municipios.

Tabla 6 Resumen Municipios Candidatos a Subcentros

Modelo Exponencial A		Modelo Exponencial A	
INE	Municipio	INE	Municipio
8015	Badalona	8172	Premià de Mar
8032	Caldes d'Estrac	8180	Ripollet
8035	Calella	8187	Sabadell
8041	Canovelles	8196	Sant Andreu de la Barca
8073	Cornellà de Llobregat	8219	Vilassar de Mar
8096	Granollers	8245	Santa Coloma de Gramenet
8101	Hospitalet de Llobregat (l')	8252	Barberà del Vallès
8110	Malgrat de Mar	8279	Terrassa
8118	Masnou (el)	8305	Vilafranca del Penedès
8121	Mataró	8307	Vilanova i la Geltrú
8124	Mollet del Vallès	8904	Badia del Vallès
8163	Pineda de Mar	17023	Blanes
Modelo Exponencial B		Modelo Exponencial C	
INE	Municipio	INE	Municipio
8015	Badalona	8073	Cornellà de Llobregat
8073	Cornellà de Llobregat	8101	Hospitalet de Llobregat (l')
8096	Granollers	8172	Premià de Mar
8101	Hospitalet de Llobregat (l')	8245	Santa Coloma de Gramenet
8118	Masnou (el)	8904	Badia del Vallès
8121	Mataró		
8172	Premià de Mar		
8245	Santa Coloma de Gramenet		
8904	Badia del Vallès		

5. Análisis de eficiencia de metodologías

Para corroborar los resultados obtenidos en los distintos se ha realizado una comprobación que reafirme la eficiencia de los modelos de densidad de empleos del comercio al detalle. Este análisis de eficiencia se realiza a través de la aplicación de una función de densidad de empleo adaptada a la hipótesis de monocéntrismo y policéntrismo del área en estudio.

Para esta prueba todos los municipios del área de estudio han sido adscritos al subcentro potencial más cercano. De manera que se han creado unas áreas de mercado hipotéticas ubicadas alrededor de cada subcentro potencial. Luego se calcula la distancia entre cada municipio y su subcentro más cercano. Una vez calculada la distancia mínima, esta se introduce a los modelos paramétricos exponencial y gravitatorio, junto a la distancia al CBD, como se especifica en 6 y 7. *La hipótesis es que, al igual que el CBD, los municipios candidatos a subcentros deberían tener un papel en la explicación de la densidad de empleo y compradores de los municipios que los rodean.*

La función exponencial negativa en su formulación aditiva:

$$D_i = a_1 \cdot e^{-b1 \cdot Dist.CBD} + a_2 \cdot e^{-b2 \cdot Dist.Subc} + k \tag{6}$$

La función potencial inversa o gravitatoria:

$$D_i = a_1 \cdot Dist.CBD^{-b1} + a_2 \cdot Dist.Subc^{-b2} + k \tag{7}$$

Al calibrar 6 y 7 se obtienen los siguientes resultados:

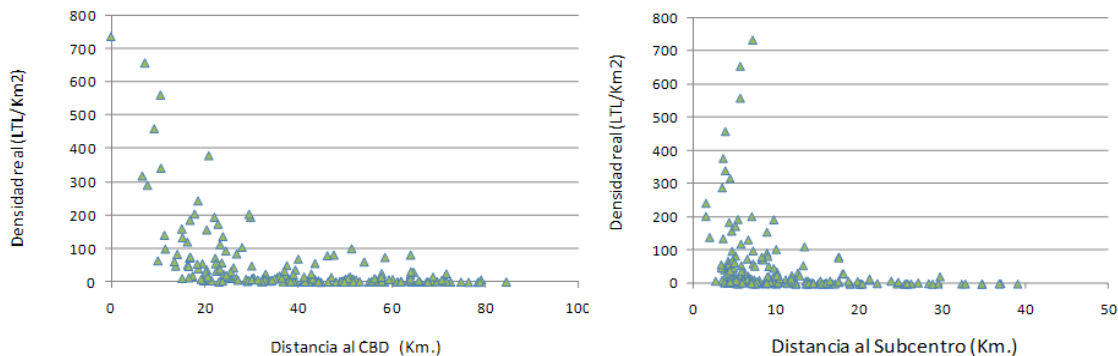
Tabla 7 Modelos de densidad de empleo (LTL52/Km2) en función de la distancia al CBD y al subcentro más próximo.

	Lineal	Exponencial	Estándar	Gravitatorio	Log-Log
K		5,803		0,562	
a1		799,410		25.089,329	
b1		0,127		2,064	
a2		258,924		324,014	
b2		0,643		1,941	
r²		0,656		0,608	

En la tabla 11, se puede observar como la función exponencial mejora su eficiencia en la explicación del manto de densidades metropolitano, ya que su R²= 0,656, aumenta levemente (anterior R²= 0.642) y la gravitatoria con su R²= 0,608, aumenta considerablemente su eficiencia en relación al resultado obtenido cuando sólo se considera la distancia al CBD (anterior R²= 0.492). Los resultados obtenidos confirman que el modelo exponencial con las variables LTL52 y MOV_COM, se presenta como el más eficiente para la detección de subcentros de empleo especializados en comercio al detalle, y además confirman el carácter policéntrico del área de estudio.

Es importante destacar que el modelo exponencial refleja de mejor forma la relación existente entre el centro y cada subcentro detectado. Los coeficientes que afectan a la distancia del CBD y de los subcentros sugieren que el CBD tiene una mayor influencia sobre la explicación del manto de densidades, mientras que los subcentros tienen un carácter complementario.

Figura 6 Gráfica comparativa de las densidades reales en relación a la distancias al CBD y comparativa de las densidades reales en relación a la distancia al candidato a subcentro adscrito.



Conclusiones y subcentros de empleo identificados

El trabajo aquí presentado pretende, mediante una metodología basada en modelos paramétricos, identificar subcentros comerciales especializados en comercio al detalle. De manera subsidiaria el segundo objetivo consiste en contrastar la hipótesis del policentrismo en el área metropolitana de Barcelona, e investigar hasta qué punto la densidad de un municipio está definido por su proximidad al CBD y por su proximidad a un subcentro.

Este estudio trata desde una perspectiva práctica, comenzar a evaluar una metodología que permita entender las configuraciones territoriales del comercio, ya que de acuerdo a la literatura existente en el área de estudio existen pocas investigaciones específicas en cuanto al uso de técnicas de identificación de subcentros especializados en distribución de comercio al detalle, no obstante existen variados ejemplos, como los de Chasco (1997) de determinación de áreas de mercado del comercio al por menor, ó como los trabajos realizados por García-López (2007) de identificación de subcentros dedicados a otras actividades económicas como la manufacturera e industrial o asimismo para el total del empleo, lo cual permite contrastar desde una nueva perspectiva las configuraciones territoriales de los modelos monocentricos arrojados por estos estudios.

Este trabajo se inscribe dentro de un grupo de investigaciones más extensas realizadas por Ruiz (2007), y su principal aportación es la implementación de la metodología de detección de subcentros para el caso del comercio al detalle. A estos efectos se utiliza, a diferencia de las aproximaciones clásicas, dos densidades comerciales, a saber: 1) la densidad de trabajadores empleados en el comercio al detalle derivada de la matriz de movilidad del Censo del 2001, y 2) la densidad de compradores localizados derivada de la matriz de movilidad de la Encuesta de Movilidad Cotidiana del año 2001. Para el cálculo de la densidad, en ambos casos, se utiliza la superficie urbanizada derivada del análisis de teledetección contenido en el Corine Land Cover del año 2000; asimismo las distancias por carretera entre los municipios se han calculado mediante un SIG.

El área de estudio corresponde a la delimitación funcional propuesta por Roca y Moix (2004), que constituye una mejor aproximación del área metropolitana de Barcelona que la delimitación administrativa correspondiente (Región Metropolitana de Barcelona).

Los resultados sugieren que el modelo exponencial es el que mejor se adapta al manto de densidades de trabajadores y compradores comerciales. Mediante los residuos de dicho modelo se han detectan aquellos municipios que se alejan del valor predicho. De manera que un subcentro potencial es aquel cuya densidad observada está sensiblemente por encima de la densidad predicha por el modelo. Así el modelo exponencial, utilizando el umbral de corte A (municipios con residuos superiores a la media de los residuos positivos), el más bajo dentro

de los tres estudiados, es el que podría definirse como el más eficiente dentro de los ensayados, en nuestro caso hemos detectado que la variable que mejor resultados arroja, corresponde a la densidad de lugares de trabajo localizados, seguida por la densidad de la movilidad comercial, en este punto es necesario aclarar que el criterio utilizado, corresponde a una perspectiva de complementariedad entre ambas variables, ya que en relación a sus resultados específicos, se observa que son muy similares; no obstante el modelo de densidad de trabajadores DLTL52, entrega resultados más robustos en términos de flujos atraídos, % de flujos atraídos en relación al conjunto de flujos del ámbito de estudio y promedio de flujos por subcentro detectado.

Una vez detectados los candidatos a subcentros se inicia un proceso de validación el cual consiste en ver hasta qué punto los modelos paramétricos mejoran al incluir, además de la distancia al CBD, la distancia a cada uno de los subcentros. *En este sentido la principal hipótesis es que en un modelo policéntrico la densidad de los municipios no sólo depende de su proximidad al CBD, sino también a los subcentros.* Es decir, que éstos son puntos de estructuración del territorio y por tanto influyen la densidad de sus municipios vecinos. Al incluir la distancia de cada municipio a su subcentro más cercano efectivamente la capacidad explicativa de los modelos mejora, lo cual sugiere dos conclusiones: 1) el carácter policéntrico del área metropolitana de Barcelona, y 2) la correcta detección de subcentros por medio del modelo paramétrico. La simple inspección de los coeficientes de la distancia a Barcelona y la distancia al subcentro más cercano sugiere que si bien Barcelona tiene un área metropolitana policéntrica, el peso principal lo tiene Barcelona municipio (i.e. tiene la mayor influencia sobre la densidad de los municipios), mientras que el resto de subcentros tienen una influencia más localizada en su entorno inmediato. Se trata, por tanto, de un área básicamente monocéntrica con un matiz de policentrismo.

En relación a la naturaleza de los subcentros identificados, el análisis que se realiza corresponde a una descripción de su naturaleza económica de cada uno de los seleccionados, como se observa en la tabla 8, en esta se puede observar que en relación al indicador que señala la dotación comercial en relación a cada 1000 habitantes, en general es alto, es decir estos municipios candidatos a subcentros poseen una fuerte oferta comercial en relación a la demanda local lo que podría entenderse de la siguiente manera, a pesar de ser municipios pequeños estos podrían responder a una fuerte demanda endógena y por lo tanto podrían caracterizarse como candidatos regionales de distribución, el segundo indicador se ha construido a partir de la desagregación a 3 dígitos de la actividades económicas muestra el porcentaje de comercio especializado en cada subcentro, aquí la situación se repite arrojando altos porcentajes de comercio especializado, se ha realizado un acercamiento a la jerarquía comercial de los municipios en base a los LTL que permita establecer diferencias funcionales entre estos con miras a determinar grupos de actividades comerciales homologables a las funciones centrales como lo señala Berry (1967), el cual destaca en sus trabajos la implementación pragmática de la teoría del lugar central de Christaller.

Tabla 8 Indicadores de los subcentros identificados

INE	Candidato a subcentro	Modelo Exponencial		Dist. BCN	Población 2001	Superficie Km2	LTL comerciales por c/1000 Habitantes	% LTL de comercio especializado (524-527)
		DLTL_52	MOV_COM					
8035	Calella	1	1	51,4	13.814	8,03	58,06	59%
8305	Vilafranca del Penedès	1	1	47,6	30.807	19,61	51,74	50%
8096	Granollers	1	1	29,8	53.681	14,93	53,76	50%
8172	Premià de Mar	1	1	20,9	26.555	2,01	28,54	49%
8114	Martorell	1	0	26,8	22.537	12,72	47,61	47%
8121	Mataró	1	1	29,5	107.191	22,53	42,57	46%
8110	Malgrat de Mar	1	1	58,5	14.246	9,12	47,31	45%
8180	Ripollet	0	1	15,1	30.548	4,31	22,42	45%
8041	Canovelles	0	1	30,1	13.118	6,64	24,47	44%
17023	Blanes	1	1	64,0	31.532	17,48	45,00	43%
8124	Mollet del Vallès	1	1	20,5	46.897	10,74	35,78	42%
8219	Vilassar de Mar	1	1	23,9	17.374	4,04	31,71	41%
8101	Hospitalet de Llobregat (I)	1	1	7,2	242.480	12,45	33,61	41%
8245	Santa Coloma de Gramenet	1	1	9,2	116.064	7,08	27,98	41%
8187	Sabadell	1	1	22,1	185.170	37,73	39,53	40%
8196	Sant Andreu de la Barca	1	1	22,9	21.301	5,55	45,16	40%
8006	Arenys de Mar	1	0	40,0	12.819	6,48	34,87	40%
8279	Terrassa	1	1	28,0	174.756	70,02	41,58	39%
8163	Pineda de Mar	1	1	54,1	20.871	10,37	30,04	39%
8015	Badalona	1	1	10,7	208.994	21,11	34,36	39%
8040	Canet de Mar	1	0	43,6	10.585	5,67	29,85	39%
8307	Vilanova i la Geltrú	1	1	46,2	53.421	34,07	50,30	38%
8056	Castelldefels	1	0	23,3	46.786	12,87	30,78	38%
8118	Masnou (el)	1	1	16,9	21.121	3,40	29,73	37%
8252	Barberà del Vallès	1	1	17,9	26.741	8,40	63,91	36%
8073	Cornellà de Llobregat	1	1	10,6	81.145	6,92	47,67	34%
8032	Caldes d'Estrac	0	1	37,6	2.028	0,97	23,67	33%
8904	Badia del Vallès	1	1	18,6	15.032	0,92	14,84	25%
8136	Montornès del Vallès	1	0	24,5	12.771	10,24	74,78	20%
Total		26	24					

En ese sentido, se ha realizado el análisis de componentes principales, con rotación y exclusión de componentes menores a 1. Con ello, se explica el 72% de la varianza, lo que se considera adecuado. Al analizar la matriz de componentes rotados, podemos observar la agrupación de las actividades en los cuatro componentes que se asimilan a la terminología de Berry. Esto da por resultado la agrupación de las diversas clases de comercio al detalle, en ese sentido la exploración de los factores, permite corroborar la centralidad asignada a las distintas actividades comerciales como las clasificadas por la CNAE 93, donde las actividades código 524 Comercio al por menor de artículos nuevos en establecimientos especializados y 527 Reparación de efectos personales y domésticos, aparecen como el grupo de actividades centrales dentro de un subcentro, las actividades 521 Comercio al por menor no especializado, bebidas, alimentos y tabaco y 525 Bienes de segunda mano se clasifican como actividades medianamente centrales y las actividades del código 526, quedan afuera, ya que se refieren a ventas fuera de establecimientos. Estas funciones centrales asimiladas al trabajo de Berry, tratan de comprobar que existe una diferenciación de los centros. Una de las paradojas de esta teoría es que existe un sistema de clases jerarquizado.

Con este estudio se trata de comprobar la noción intuitiva que los centros más grandes son funcionalmente más complejos que los centros más pequeños y la creciente complejidad funcional está acompañada de un aumento de tamaño de la región urbana complementaria, y

que la virtud de la disposición diferencial de funciones centrales es la interdependencia entre los centros urbanos en la prestación de bienes y servicios centrales.

La ubicación de los niveles de centralidad A, B y C, según la definición que se muestra en la tabla 9.

Es destacable comprender luego de este análisis el hecho que las actividades económicas especializadas estén ubicadas en los subcentros, es muy significativo, ya que de este modo las personas tienden a realizar largos viajes para acceder al consumo de estos y por ende a estructurar el territorio.

Tabla 9 Agrupación de jerarquías de actividades comerciales

Componente	Actividades comerciales	Descripción	Tipo de actividad
C	524 / 527	Comercio al por menor de artículos nuevos en establecimientos especializados-Reparación de efectos personales y domésticos	Central
B	521 / 525	Comercio al por menor no especializado, bebidas, alimentos y tabaco-Bienes de segunda mano	Medianamente Central
A	522 / 523	Establecimientos especializados de comercio por menor alimentos bebidas y tabaco-Comercio de productos farmacéuticos, artículos médicos, belleza e higiene	No central
S/C	526	Comercio al por menor fuera de establecimientos	S/C

Fuente: Elaboración propia

S/C: Sin Clasificación

Bibliografía

- Berry, B. J. (1967):** “Geografía de los centros de mercado y su distribución al por menor”. Edit. Vicencs, Biblioteca de geografía económica.
- Bourne, L. S. (1989):** “¿Are new urban forms emerging? Empirical tests for Canadian urban areas”, *The Canadian Geographer*, 4, pp. 312–328.
- Burns, M., Moix, M. & Roca, J. (2001):** “Contrasting Indications of Polycentrism within Spain’s Metropolitan Urban Regions”, paper for the Eighth European Estate Society Conference, Alicante, June 26-29.
- Chasco Yrigoyen, C. (1996):** “Aplicación de los modelos de gravitación comercial a la determinación de áreas de mercado”, *Revista investigación y marketing* N°52, Septiembre.
- Chasco Yrigoyen, C. (1997):** “Modelos de determinación de áreas de mercado del comercio al por menor”
- García-López, M.A. (2007):** “Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona”, *Architecture, City & Environment*, 4, pp. 519-553.
- García-López, M.A. (2007):** Estructura espacial del empleo y economías de aglomeración: El caso de la industria en la Región Metropolitana de Barcelona. *Revista ACE, Arquitectura, ciudad y entorno* [en línea]. 2007, vol.2, núm. 4
- Giuliano, G. & Small, K.A. (1991): “Subcenters in Los Angeles Region”, *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.
- Greene, D.L. (1980):** “Recent Trends in Urban Spatial Structure”, *Growth and Change*, 11, 29-40.
- Griffith, D.A. (1981a):** “Evaluating the Transformation from a Monocentric to a Polycentric City”, *Professional Geographer*, 33, pp. 189-196.
- Griffith, D.A. (1981b):** “Modelling Urban Population Density in a Multi-centered City”, *Journal of Urban Economics*, 9, pp. 298-310.
- Gordon, P., Richardson, H.W. & Wong, H.L. (1986):** “The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles”, *Environment and Planning A*, 18, pp. 161-173.
- Gordon, P. & Richardson, H.W. (1996):** “Beyond Polycentricity: the Dispersed Metropolis, Los Angeles 1970-1990”, *Journal of American Planning Association*, 62, pp. 289-295.
- McDonald, J.F. (1987):** “The Identification of Urban Employment Subcenters”, *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.
- McDonald, J.F. & McMillen, D.P. (1990):** “Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago”, *Environment and Planning A*, 22, pp. 1561-1574.
- McDonald, J.F. & Prather, P.J. (1994):** “Suburban employment centres: The case of Chicago”, *Urban Studies*, 31, pp. 201-218.

McMillen, D.P. (2001): "Non-Parametric Employment Subcenter Identification", *Journal of Urban Economics*, 50, pp. 448-473.

McMillen, D.P. & McDonald, J.F. (1997): "A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City", *Journal of Regional Science*, 37, pp. 591-612.

Muñiz, I., Galindo, A. & García-López, M.A. (2003): "Cubic Spline Density Functions and Satellite City Delimitation: The Case of Barcelona", *Urban Studies*, 40, pp. 1303-1321.

Muñiz, I., García, M.A. (2006): "Descentralización del empleo ¿Compactación Policéntrica o dispersión?", Documento de trabajo, Departamento de economía aplicada. Universidad Autónoma de Barcelona.

Roca, J.; Moix, M. (2004): Cap a una nova organització territorial de Catalunya. Research Paper N°5 Centro de Política de Suelo y Valoraciones.

Roca, J.; Moix, M. (2005): "The Interaction Value: Its Scope and Limits as an Instrument for Delimiting Urban Systems", *Regional Studies*, 39, pp. 359-375.

Roca, J. et al., (2007): "Estructura Urbana y Policentrismo. Hacia una redefinición del concepto de subcentro", Working Paper, Centro de Política de Suelo y Valoraciones. *Universidad Politécnica de Cataluña*.

Ruiz, Manuel (2007): Identificación y detección de subcentros especializados en comercio al detalle", Tesis de Máster oficial en Gestión y Valoración Urbana, UPC.

Von Thunen, J.H., (1966): "El estado aislado" Oxford.

