

ACE 41

Electronic offprint

Separata electrónica

EFECTO DE UNA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE VIARIA EN LA ESTRUCTURA URBANA. CASO DE ESTUDIO: AUTOVÍA ORBITAL B-40 DE BARCELONA

Mónica Suárez Pradilla, Josep Roca Cladera

Cómo citar este artículo: SUÁREZ PRADILLA, M.; ROCA CLADERA, J. *Efecto de una infraestructura de transporte viaria en la estructura urbana. Caso de estudio: Autovía orbital B-40 de Barcelona* [en línea] Fecha de consulta: dd-mm-aa. En: ACE: Architecture, City and Environment, 14 (41): 131-150, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.14.41.8958> ISSN: 1886-4805.

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

c

ACE 41

Electronic offprint

Separata electrónica

EFFECT OF A ROAD TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN THE URBAN STRUCTURE. STUDY CASE: ORBITAL MOTORWAY B-40 OF BARCELONA

Key words: transport infrastructure; polycentrism; connectivity; travel patterns; accessibility

Structured abstract

Objective

The objective of this article is to analyze the impact of the construction of the B-40 orbital motorway on the polycentric urban structure of the Barcelona Metropolitan Region (BMR) based on changes of distance and functional relationship leading to variation of mobility patterns.

Methodology

This work, the analysis of the relationship between polycentrism and transport infrastructure is developed using travel modelling tools and territorial and urban structure indicators to assess the modification of polycentrism. This analysis is performed at three different timescales, for two situations that will be known as without, and with project. As a case study, it was chosen the orbital motorway B-40 located in the BMR, composed by 164 municipalities and organized in five metropolitan rings every ten kilometres measured from Barcelona.

Conclusions

The results obtained show that the main effect of the construction of the B-40 orbital motorway on the BMR is due to the articulation it generates between the main road axes that it crosses and connects. In addition, it is shown that there is variation on polycentrism because of the new mobility patterns that are generated by introducing a new road axis into the territory.

Originality

This research is original because the relationship between polycentrism and transport infrastructure was not evaluated for the specific case study using the proposed methodology. In addition, the analysis can be replicated to assess the effects of an infrastructure project at the planning stage.

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

EFECTO DE UNA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE VIARIA EN LA ESTRUCTURA URBANA. CASO DE ESTUDIO: AUTOVÍA ORBITAL B-40 DE BARCELONA ¹

SUÁREZ PRADILLA, Mónica ²
ROCA CLADERA, Josep ³

Remisión inicial: 12-03-2019
Remisión final: 25-09-2019

Aceptación inicial: 30-07-2019
Aceptación definitiva: 26-09-2019

Palabras clave: infraestructura de transporte, policentrismo, patrones de viaje, conectividad, accesibilidad

Resumen estructurado

Objetivo

El objetivo de este artículo es analizar el impacto de la construcción de la Autovía B-40 en la estructura urbana policéntrica de la región Metropolitana de Barcelona (en adelante RMB); a partir de la modificación de la *distancia* y de *las relaciones funcionales* producidas por los nuevos patrones de movilidad.

Metodología

En este trabajo, la relación entre policentrismo e infraestructura de transporte se evalúa utilizando herramientas de modelación de viajes y diferentes indicadores territoriales y de estructura urbana. Los análisis se realizan para diferentes escalas temporales y para dos situaciones denominadas *sin* y *con* proyecto. Como caso de estudio se eligió la Autovía Orbital B-40 ubicada en la RMB conformada por 164 municipios y, organizada en cinco coronas metropolitanas definidas cada diez kilómetros a partir de Barcelona.

Conclusiones

Los resultados obtenidos señalan que el principal efecto de la construcción de la autovía orbital B-40 en la RMB se debe a la articulación que genera entre los principales ejes viarios que cruza y conecta. Además, se demuestra que existe variación en el policentrismo por efecto de los nuevos patrones de movilidad que se generan al introducir un nuevo eje viario en el territorio.

Originalidad

Este documento es original porque la relación entre policentrismo e infraestructura de transporte no ha sido evaluada específicamente para el caso de estudio utilizando la metodología propuesta que además se puede replicar para evaluar si un proyecto es óptimo durante la planificación.

¹ Este artículo deriva de la tesis de Doctorado en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica, de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), leída en septiembre de 2016, desarrollada y dirigida por la autora y el coautor respectivamente, cuyo texto está disponible en UP Commons, en: <<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/105566>>

² Profesor Asistente e Investigadora del Centro de Estudios en Vías y Transporte de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Correo electrónico: monica.suarez@escuelaing.edu.co

³ Dr. Arquitecto. Catedrático del Departamento de Tecnología de la Arquitectura (TA), de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Director del Centro de Política de Suelo y Valoraciones (CPSV). Correo electrónico: josep.roca@upc.edu

1. Introducción

Las infraestructuras de transporte son elementos clave en la estructura espacial del territorio, por las relaciones que facilitan entre diferentes componentes del mismo. La intensidad de dichas relaciones define las características de conectividad, accesibilidad, movilidad y facilita la dispersión y la descentralización de las actividades urbanas. Un efecto aún más importante de las infraestructuras de transporte es su capacidad para integrar el territorio, debido a la contracción de la variable espacio – tiempo (Gutiérrez, 1998). Finalmente, considerando su naturaleza técnica, las infraestructuras se diseñan con criterios de alta calidad adaptados a las diferentes políticas de ordenamiento que les dan soporte dentro del territorio que van a servir. Por ello, son consideradas elementos de cohesión regional necesarias para generar un desarrollo socioeconómico equilibrado.

El análisis de las infraestructuras de transporte en el marco de la ordenación del territorio de la Unión Europea (en adelante UE) se centra, en el estudio de los efectos directos e indirectos que se producen a nivel de escala y tiempo sobre el sistema territorial, los agentes sociales y el medioambiente. A partir de, 1983 las infraestructuras de transporte adquieren una mayor relevancia, en ese año se publica la Carta de Ordenación del Territorio Europeo (Consejo de Europa 1983)⁴ donde, los ejes de comunicación son considerados elementos esenciales en el desarrollo y consolidación del espacio europeo.

Posteriormente en 1999 se aprueba la Estrategia Territorial Europea (en adelante ETE)⁵ documento donde se reconoce la diversidad regional, cultural y geográfica de los diferentes territorios que la configuran y cuyo propósito es proveer de coherencia territorial las políticas sectoriales y maximizar su eficacia, utilizando cuatro principios: desarrollo sostenible, integración, cooperación entre actores y responsables de las políticas públicas y concertación de las acciones. Los anteriores principios buscan fortalecer la diversidad de las economías e incrementar el valor de los paisajes rurales, crear infraestructuras más accesibles, eficaces y respetuosas con el medioambiente que otorguen mayor dinamismo, atractivo y complementariedad a las ciudades y generen un sistema urbano más equilibrado y policéntrico. Este es el primer documento a nivel de la UE en el que claramente se utiliza el policentrismo como medio, para, conseguir junto con las políticas de cohesión territorial un territorio europeo más equilibrado sostenible y competitivo.

No obstante, el policentrismo no está directamente relacionado con las políticas de transporte, como se observa en el Libro Blanco de Transporte⁶ en sus diferentes ediciones desde 1992 o en los informes de la Red Transeuropea de Transporte⁷ (denominadas TEN-T de su plural en inglés Trans - European Transport Networks), documentos de alta relevancia en la política de transporte por carretera de la UE.

⁴ Carta de Ordenación del Territorio Europeo 20 de mayo de 1983 Torremolinos (España) documento emitido por el Consejo de Europa para definir la Ordenación del Territorio.

⁵ Documento que genera las directrices para definir la política territorial y espacial de la Unión Europea.

⁶ El Libro Blanco de transporte es un documento o guía que sirve de apoyo para la toma de decisiones respecto al transporte en el espacio único europeo.

⁷ TEN-T (de sus siglas en inglés Trans-European Transport Network) es la Red Transeuropea de Transporte que agrupa las redes prioritarias de transporte de personas y mercancías a lo largo de toda la [Unión Europea](#), e incluye las redes de telecomunicaciones y energía. Además, coordina las mejoras realizadas en carreteras primarias, líneas de ferrocarril, canales de navegación interiores, aeropuertos, puertos y sistemas de gestión de tráfico. Las TEN-T agrupan una serie de vías de alta capacidad caracterizadas por su carácter internacional (cruzan varios países), largos recorridos y altas velocidades de operación y están gestionadas por la «Agencia ejecutiva para la red transeuropea de transporte» (Trans-European Transport Network Executive Agency, TEN-T EA).

El estudio de la relación policentrismo e infraestructura de transporte para la UE se desarrolla a través de programas financiados por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Particularmente, el informe ESPON⁸ 1.1.1 “*Potentials for polycentric development in Europe*” que patrocinó el programa Interreg⁹ proporciona una base conceptual sobre el desarrollo policéntrico en Europa. Posteriormente, el informe ESPON 2.1.1 “*Territorial Impact of EU Transport and TEN-T Policies*” evalúa los impactos territoriales del transporte y de las políticas de ordenamiento territorial en la UE y propone una serie de indicadores territoriales que facilitan el análisis del policentrismo, considerando, características tipológicas y elementos socioeconómicos. En este documento se evidencia la interacción de las políticas de la UE y las políticas de los diferentes países y se incluyen los efectos en la estructura espacial referidas a los transportes para encontrar instrumentos adecuados que mejoren la coordinación territorial de las políticas sectoriales nacionales y de la UE.

A partir, del análisis de las anteriores herramientas de políticas de ordenación del territorio se define la relación entre infraestructura de transporte y policentrismo para esta investigación.

El objetivo de este artículo es analizar el impacto de la construcción de la Autovía B-40 en el policentrismo de la RMB a partir de la modificación de la distancia y de las relaciones funcionales producidas por la variación de los patrones de movilidad. Para ello, se utilizó una serie de herramientas de modelación de transporte e diferentes indicadores de policentrismo.

El resto del artículo se organiza de la siguiente forma: 2) se hace una revisión de la literatura que ha puesto en relación la infraestructura de transporte y la estructura urbana policéntrica; 3) después se explica el caso de estudio, los datos y la metodología aplicada; 4) se muestran los efectos de la B-40 en el territorio en función de los resultados obtenidos; 5) finalmente, se dan las conclusiones.

2. Revisión de la relación de infraestructura de transporte y estructura urbana policéntrica

Estudios preliminares señalan que la RMB es de carácter policéntrico (Roca, Arellano y Moix, 2011) y (Marmolejo, Masip y Aguirre, 2013). La investigación que aquí se desarrolla va un paso más allá al analizar la dinámica de la estructura espacial policéntrica asociada a las infraestructuras de transporte.

Existen innumerables trabajos que evalúan los efectos de las infraestructuras de transporte, sin embargo, los trabajos que hacen referencia a la relación infraestructura de transporte y estructura urbana policéntrica son escasos. Las metodologías utilizadas generalmente toman herramientas de modelación provenientes de la economía, el transporte y la geografía. Finalmente, en ellos es recurrente que se evalúe la accesibilidad, los flujos de movilidad, la concentración, la densidad, las dinámicas demográficas, aspectos socioeconómicos y otros.

⁸ ESPON (European Spatial Planning Observation Network) programa de investigación que apoya la formulación de políticas de desarrollo territorial en Europa.

⁹ Interreg es un programa europeo de cooperación interregional que funciona desde el año 1990 como una iniciativa comunitaria y está financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). El fin principal de Interreg Europa es el de apoyar a los agentes interesados de todas las regiones europeas a poner en marcha políticas públicas de desarrollo más efectivas a través del intercambio de conocimientos, experiencias y buenas prácticas.

Para esta investigación se revisaron diferentes documentos y se encontraron especialmente relevantes los siguientes trabajos.

En los Estados Unidos (Baum, 2007) mostró como la construcción de las autopistas interestatales¹⁰ reducía entre el 6 y el 12% la población en el área central de un asentamiento porque facilitan la descentralización de la vivienda y del empleo de los habitantes en función del nivel de ingreso.

En Grecia, (Seitanidis et al., 2009) demuestran que la construcción de la vía Egnatia potencia el policentrismo de la región de Tesalónica - Atenas porque modifica los patrones de movilidad aumentando significativamente la accesibilidad y reduce la desigualdad entre los centros urbanos. En la región Sur Oriente de Londres (De Goei *et al.*, 2010) estudiaron los cambios en las relaciones de dependencia entre unidades espaciales, identificando modificaciones graduales en los nodos suburbanos mostrando que la escala intraurbana es más activa que la escala interurbana y es hacia la que se debe enfocar la mayor inversión desde la planificación de transporte. (De las Rivas, Álvarez y Paris, 2013) muestran que el corredor del Pisuerga entre las ciudades de Valladolid y Palencia es el sector donde se produce el mayor número de relaciones con los municipios aledaños y se establece una clara polaridad que influye en la estructura de las dos ciudades porque consolida las centralidades a través de la accesibilidad.

(Martínez *et al.*, 2014) para la región metropolitana de Madrid identifican los límites de la ciudad desde el policentrismo morfológico utilizando diferentes indicadores de accesibilidad a la red vial. Las conclusiones de este trabajo señalan la utilidad de la accesibilidad en la caracterización de los sistemas urbanos que están evolucionando hacia estructuras policéntricas, porque permite observar la integración de los territorios, el incremento de las relaciones entre ellos y la especialización de los centros urbanos de acuerdo al desarrollo de las actividades.

(Costa *et al.*, 2014) aplican el concepto de policentrismo interregional para evaluar el comportamiento de los aeropuertos de la región norte de Portugal y España. Utilizando un índice de concentración encuentran que el aeropuerto de Oporto es menos dependiente del resto de aeropuertos de Portugal. Por el contrario, se constata que, para la región española, los aeropuertos muestran una gran dependencia de Madrid, es decir, se dibuja una región más policéntrica para el caso portugués.

Por su parte (Song, 2014) examina el impacto del desarrollo de la red de transporte viario, específicamente, carreteras y ferrocarriles, en el patrón espacial de diez mega-regiones de China¹¹ para evaluar, crecimiento, conectividad y accesibilidad desde la perspectiva del policentrismo y considerando la influencia del sistema de planificación en los diferentes procesos de descentralización que se han llevado a cabo en los últimos años. Los análisis señalan que existe un proceso multidireccional a nivel regional, que ha incrementado en nueve de las diez regiones los índices de policentrismo tanto morfológico como funcional. Esto ha contribuido a que las políticas de planificación se enfoquen en equilibrar la dotación de infraestructura para dar más accesibilidad y conectividad a nivel local.

¹⁰ Las autopistas interestatales son rutas que atraviesan las ciudades americanas o pasan cerca de ellas a una distancia máxima de 1.6 Km.

¹¹ Las mega-regiones son conjuntos integrados de ciudades con las zonas de influencia suburbana que las rodean y en las cuales hay una gran interacción de las fuerzas de trabajo y capital. Los límites administrativos y políticos no son claros y se definen generalmente en función de términos económicos.

En China también (Baum *et al.*, 2012) cuantifican los efectos en la forma urbana de las nuevas líneas de ferrocarril y carreteras según su tipología considerando la descentralización de la población y de la economía. Se encuentra que las carreteras radiales descentralizan la actividad de servicios, los ferrocarriles radiales la actividad industrial, las carreteras de circunvalación contribuyen a descentralizar las dos actividades.

Particularmente, para Barcelona el trabajo de (García, 2012) evaluó, como, la mejora de las infraestructuras de transporte modifica los patrones de localización de la población durante el periodo comprendido entre 1991 y 2001. Los análisis mostraron el incremento de la población en las áreas próximas a la infraestructura y por ende el incremento de la urbanización en estos sectores en función de las tipologías de vivienda y la densidad de los desarrollos inmobiliarios que se diseñen.

3. Caso de estudio, datos y metodología

Para esta investigación se analiza el trazado de la B-40 definido en el Plan Territorial Metropolitano de Barcelona (en adelante PTMB)¹² que une los diferentes sistemas urbanos de las comarcas del Vallès Oriental, Occidental y del Baix de Llobregat para configurar un corredor metropolitano en el sector denominado segunda corona de Barcelona (20 Km de Barcelona). La RMB está configurada por 164 municipios, el trazado cruza directamente quince municipios (11.85% de la superficie total del territorio) y da servicio al resto de la RMB porque articula con los diferentes ejes de la red viaria.

3.1 Principales fuentes de datos

- Información de los censos de población, flujos de movilidad diaria residencia trabajo, modos de transporte y vivienda para los años 1981, 1991, 2001, 2011 (Idescat-INE)
- Red viaria diseñada a partir de la red del año 2008 que utiliza el programa SIMCAT¹³ y que contiene la clasificación funcional y tipológica de carreteras de Cataluña (López *et al.* 2012). La red para la RMB está configurada por 1650 arcos y 1376 nodos viarios. Incluye las carreteras de alta capacidad de tipo nacional, comarcal y algunos tramos de viario local que facilitan la conexión entre los asentamientos y el trazado de la B-40 aprobado por el PTMB.
- Encuesta de movilidad cotidiana 2006 del Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya i l'Autoritat del Transport Metropolità.
- Factores de crecimiento 2008, 2014 y 2020 usados por Cerda *et al.* (2012) en el proyecto Modelo de Evaluación de la Eficiencia Energética y Ambiental de la Movilidad y la Estructura de Usos del Suelo para la Región Metropolitana de Barcelona Evaluamet¹⁴.
- Información de tipo socioeconómico tomada de diferentes fuentes debidamente referenciadas en el trabajo.

¹² PTMB (Plan Territorial Metropolitano de Barcelona) es un plan territorial parcial que comprende el territorio que abarcan las comarcas del Alt Penedès, el Baix Llobregat, el Barcelonès, el Garraf, el Maresme, el Vallès Occidental y el Vallès Oriental.

¹³ SIMCAT es el Sistema de Información y Modelización para la Evaluación de Políticas Territoriales de Cataluña.

¹⁴ El modelo Evaluamet ha sido desarrollado por el Centro de Política de Suelo y Vivienda CPSV y la empresa Mcrit para el ministerio de fomento en 2012. Básicamente, es un procedimiento que permite evaluar la eficiencia ambiental y social del funcionamiento de áreas metropolitanas en relación a las actividades instaladas en el territorio y a los flujos que estas generan. Para ello, utiliza un modelo integrado de transporte y uso del suelo.

3.2 Metodología

La evaluación del policentrismo se realiza usando indicadores de tipo funcional para dos situaciones denominadas, situación SIN proyecto o actual y situación CON en la que se considera el proyecto. La escala temporal es de 12 años repartida en tres periodos puntuales de análisis 2008 – 2014 y 2020. La unidad básica de análisis utilizada en este trabajo es el municipio, se utiliza una escala espacial configurada por coronas, que son agrupaciones de municipios ubicados en franjas definidas cada diez Km desde Barcelona y que definen cinco sectores diferentes. El análisis también tiene en cuenta los principales subcentros de empleo de la RMB.

La metodología se estructura en tres etapas:

- En la primera etapa se define la red viaria para las situaciones SIN y CON proyecto y se evalúa la modificación de la centralidad de la RMB por efecto de la red. En esta etapa se obtienen las matrices de distancias mínimas que en este trabajo representan la función de coste o impedancia.
- En la segunda etapa se estima la movilidad base y la movilidad modelada o de diseño que considera la B-40 para analizar el efecto de la distancia en los nuevos patrones de movilidad. Para estimar la *movilidad base* se aplica un modelo de distribución de viajes denominado factor de crecimiento. Particularmente, en esta investigación se aplica el modelo denominado promedio doblemente acotado, que distribuye los viajes futuros aplicando a la distribución actual la media del crecimiento esperado para el origen y para el destino del viaje. Los factores de crecimiento para los orígenes F_i están definidos en función del cambio en los datos de población y los factores de crecimiento para los destinos F_j se definieron en función del comportamiento de los lugares de trabajo localizados (en adelante LTL), es decir, del comportamiento de la actividad económica.

Para calcular la movilidad modelada o de análisis, se calibra un modelo de interacción de tipo gravitacional acotado a origen (se conocen los viajes totales que salen de una zona) que predice los atractivos para los destinos (Cerdeira, 2010). El modelo reproduce la distribución de viajes para un año base o de diseño en función de la impedancia (*distancia*) y, se calibra considerando la matriz de distancias mínimas SIN proyecto y utilizando la movilidad de diseño para cada año evaluado. Los factores a calibrar son los coeficientes de atractivo (α) y la función de fricción (β) y se validan para la situación CON proyecto utilizando la matriz de distancias o de impedancia. Particularmente, para esta investigación el modelo calcula proporciones de movilidad.

Los factores de atracción de destino (α), aunque no tienen restricciones, están condicionados por las proporciones, así que, la solución depende de la variable de atractivo que se considere. Para medir la fortaleza del modelo se usó el coeficiente de determinación R^2 , este coeficiente resulta de calibrar una regresión lineal univariada, en la que la variable dependiente Y representa la proporción observada por celda y la variable independiente X es la proporción modelada para la misma celda. Para observar la proporcionalidad entre los valores se utiliza el coeficiente de correlación lineal R . Finalmente, la formulación y calibración del modelo, permite predecir los cambios en la movilidad para la RMB en función de las modificaciones estructurales debidas al nuevo proyecto.

- En la tercera etapa se cuantifica el policentrismo para los escenarios *sin* y *con* proyecto. Para ello, se evaluaron indicadores funcionales como el índice de *entropía de Shannon*, el *indicador de Green* y el *indicador gravitacional de Potencial de Accesibilidad* y se utilizaron diferentes indicadores de tipo territorial.

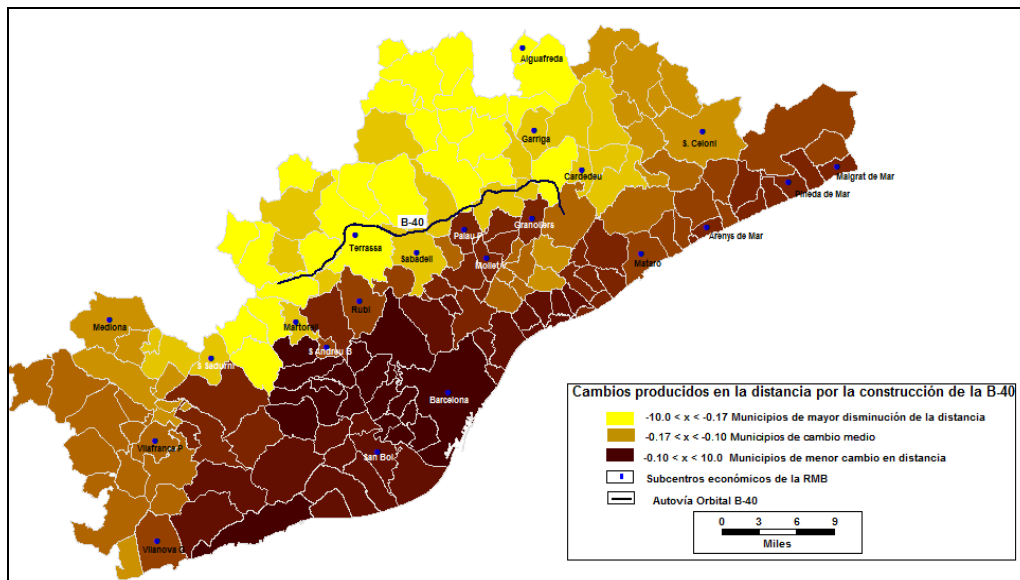
La metodología desarrollada tiene tres finalidades concretas, evaluar los cambios en la estructura de los viajes de los municipios de la RMB por efecto de la construcción de la B-40; evaluar el efecto de la distancia (parámetro de fricción) en la magnitud de esos cambios y determinar si permite observar las diferencias espaciales que caracterizan los mercados locales de trabajo. Finalmente, identificar las características generales y estructurales de la RMB, a través de la aplicación de los indicadores de policentrismo que valoran la intensidad de los movimientos para los diferentes municipios y ponderan el papel que juega el atractivo de los destinos en la configuración del sistema urbano de la RMB.

4. Efectos de la construcción de la B-40 en el territorio

4.1 Cambios en la centralidad de la RMB por efecto de la B-40

La centralidad geográfica de la RMB por efecto de la red viaria en general se fortalece. La población se incrementa en 2% y la superficie en 3.6% debido a que, entran al sector central los municipios de Sant Adrià de Besòs, Santa Coloma de Gramenet y Lliça de Valls. Particularmente, el trazado de la B-40 no afecta la centralidad lo que es coherente con las directrices utilizadas para su propuesta en el PTMB.

Figura 1. Cambios producidos en la distancia por la construcción de la B-40



Fuente: Elaboración propia a partir de la matriz de distancias mínimas *sin* y *con* proyecto

El principal efecto de la modificación de la *distancia* en los municipios por la inclusión de la B-40 se localiza en la zona de servicio directo de la B-40 (en adelante este sector se denominará *corredor de la B-40*) como se observa en la figura 1 (color amarillo claro). Estos cambios se

pueden considerar de tipo residual (es decir aquellos producidos por la proximidad al trazado), este sector abarca cuatro subcentros de empleo: la Garriga, Terrassa, Aiguafreda y Martorell. Los demás municipios que se encuentran en este sector hacen parte de la comarca del Vallès Oriental y Occidental y son los más exteriores del sector noroeste de la RMB.

De acuerdo a lo anterior, la B-40 por sí sola no produce grandes modificaciones en el territorio, los efectos territoriales derivados de su construcción son producto de la configuración del corredor formado por la B-40 con la AP-7 y la C-60 que alcanza aproximadamente 170 Km y se articulan a través de dos enlaces. El primer enlace se produce a la altura de Abrera, donde la B-40 enlaza con la A-2 en un tramo de aproximadamente siete 7 Km hasta Martorell, allí la A-2 enlaza con la AP-7 para dar servicio a los municipios del Alt del Penedès ubicados en la cuarta y quinta corona (municipios que distan de Barcelona 40 Km) y comunica la RMB con el resto de España hacia el sur.

El segundo enlace se ubica a la altura de la Roca del Vallès, en ese punto la B-40 conecta con la AP-7 y la C-60. La conexión con la AP-7 facilita las comunicaciones entre las comarcas del Vallès Oriental hasta la parte más externa de Sant Celoni. El enlace con la C-60 conduce directamente a Mataró, conectando así municipios del interior de Catalunya con el borde costero de la comarca del Maresme. Finalmente, la B-40 facilita los enlaces con los ejes transversales como la C-58, C-59, C-17 y la N-152a, eliminando las travesías que se realizan por los diferentes núcleos urbanos.

Teniendo en cuenta lo expuesto hasta aquí el principal efecto de la B-40 es su capacidad de articulación, puesto que, conecta diferentes sectores del territorio de forma directa y rápida.

4.2 Cálculo de la movilidad producida por la construcción de la Autovía B-40

Para analizar la modificación del policentrismo se requiere conocer el comportamiento de los flujos de movilidad laboral que se producen por la construcción de la B-40. Este proceso incluye dos fases complementarias. La primera es el cálculo de la movilidad base con la cual se calibra un modelo que nos permite determinar la movilidad modelada que es la que incluye la B-40. Los resultados obtenidos se presentan en los siguientes apartados.

La *movilidad base* se calculó a partir de la información de movilidad de 2001 usando un modelo de factor de crecimiento aplicado tanto los orígenes como a destinos. Los análisis se realizaron para los periodos 2008, 2014 y 2020. Los resultados señalan que para el periodo total de análisis se incrementan en un 4.66% los flujos de movilidad.

La tabla 1 muestra cómo se modifica la movilidad laboral (LTL) y la población ocupada residente (en adelante POR) en los diferentes periodos de estudio por coronas metropolitanas.

Tabla 1. Variación de los LTL y la POR para la movilidad base o de diseño en el periodo 2008-2020

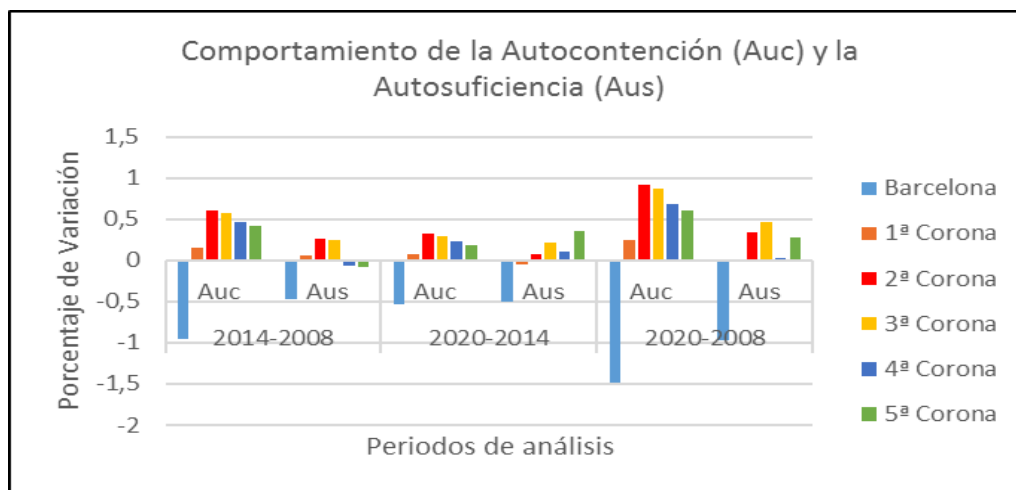
Sector	LTL			POR		
	2014-2008	2020-2014	2020-2008	2014-2008	2020-2014	2020-2008
Barcelona	-4.21	0.11	-4.1	-3.75	0.02	-3.73
1ª Corona	-1.55	1.69	0.11	-1.78	1.26	-0.54
2ª Corona	5.45	6.41	12.21	3.79	5.32	9.31
3ª Corona	6.05	8.94	15.53	5.41	9.24	15.16
4ª Corona	5.62	7.01	13.02	4.52	6.56	11.38
5ª Corona	4.5	8.98	13.89	3.55	8.86	12.73
Total	0.61	4.03	4.66	0.61	4.03	4.66

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento de los LTL a nivel de coronas muestra que Barcelona y la primera corona son los sectores que presentan un crecimiento negativo en todo el periodo de análisis. A partir de los 20 Km de Barcelona el mercado laboral aumenta hasta un 15%, lo que prueba que las principales ciudades intermedias de la RMB incrementan sus puestos de trabajo. De otro lado, la POR para los 12 años de análisis indica que la ocupación en Barcelona y su primera corona descienden mientras que los sectores más exteriores que albergan 8 subcentros de empleo incrementan su tasa de ocupación hasta en un 15.16%.

Los indicadores territoriales de autocontención (porcentaje de población ocupada que reside en la misma zona donde trabaja) y de autosuficiencia (capacidad de un territorio para satisfacer la demanda de empleo ubicada en él) para todo el periodo de análisis validan los anteriores resultados como se ve en la figura 2.

Figura 2. Variación de la autocontención y la autosuficiencia por coronas



Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Calibración del modelo gravitacional acotado a origen para calcular la movilidad modelada final

Particularmente, para esta investigación el modelo calcula proporciones de movilidad. La expresión (1) corresponde a la formulación del modelo gravitacional utilizado para evaluar la movilidad modelada con proyecto.

$$P_{ij} = \frac{B_j^{\alpha_j} * e^{-(\beta * d_{ij})}}{\sum B_k^{\alpha_k} * e^{-(\beta * d_{ik})}} \quad (1)$$

P_{ij} = Proporción de viajes que sale de i y llegan a j

B_j = Atractivo de la zona j

d_{ij} = Medida de la separación entre la zona i y la zona j

α_j = Coeficiente del atractivo de la zona j

β = Coeficiente de fricción espacial

La expresión (1) garantiza que la suma de las proporciones por filas sea 1, además, permite calibrar el coeficiente de fricción espacial (β) que es único para todas las zonas y los coeficientes diferenciados del atractivo (α) de la zona de destino dándole así a cada uno un peso diferente.

En la tabla 2 se observan los parámetros de calibración del modelo en los diferentes periodos de análisis. El comportamiento del coeficiente de fricción Beta (β) es constante en todos los periodos; el coeficiente de correlación en los dos casos es de 93.65 y el 93.53 % lo que explica satisfactoriamente el grado de asociación lineal de la variable dependiente analizada. El coeficiente de determinación R^2 para las dos situaciones es de 87.7 y 87.1% respectivamente, lo que señala un buen ajuste del modelo.

Tabla 2. Parámetros de calibración

Periodo	2008	2020	2026
Peso	5.35037312	5.17738604	5.09929547
Beta (β)	0.46075379	0.46353950	0.46755178
Coeficiente de Correlación	0.92869873	0.93154245	0.93310142
R^2	0.86248133	0.86777134	0.87067827

Fuente: Elaboración propia

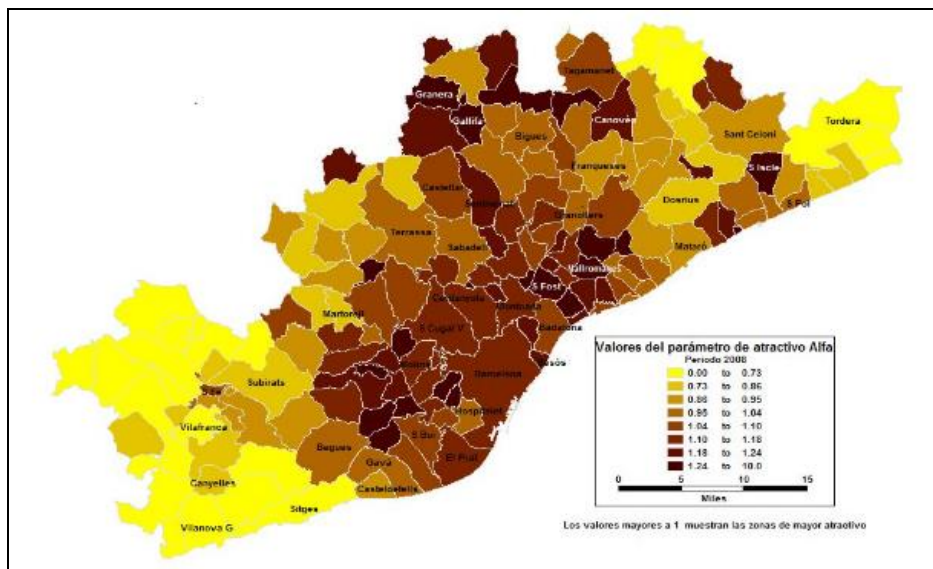
Las figuras 3 y 4 muestra el comportamiento de los parámetros de atracción Alfa (α) obtenidos para el periodo 2008 (*sin* proyecto) y el periodo 2020 (*con* proyecto). Los colores oscuros corresponden a los valores superiores a 1 y son las zonas de mayor atractivo; los colores más claros representan los sectores de menor atractivo. La situación 2008 (que en este trabajo representa la situación actual) muestra que los mayores valores de atractivo se localizan en Barcelona y los municipios de la primera y segunda corona especialmente.

También, se observa que los municipios de la quinta corona que hacen parte de la comarca del Vallès oriental poseen altos valores de atractivo mientras que los municipios de las comarcas

del Garraf y del Alt del Penedès y los municipios más exteriores del Maresme tienen bajos valores de atractivo.

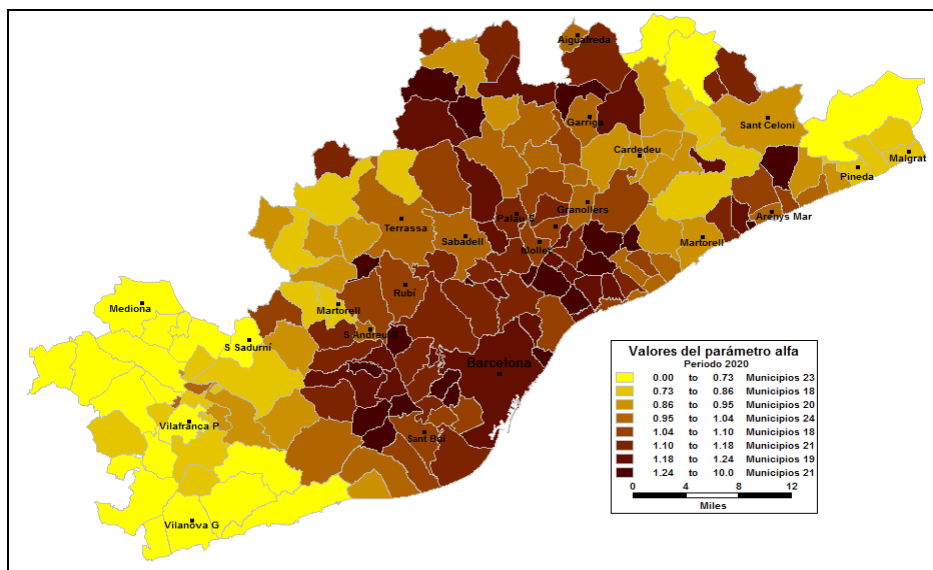
En el periodo 2014 el coeficiente de atractivo mejora suavemente para los municipios que tenían bajos valores y disminuye para Barcelona y su continuo urbano. El periodo 2020, el comportamiento de parámetro de atracción continua con una tendencia constante y parecida a la presentada en los anteriores periodos.

Figura 3. Comportamiento del coeficiente de atracción (α) para el periodo 2008 (sin proyecto)



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Comportamiento del coeficiente de atracción (α) para el periodo 2020 (con proyecto)



Fuente: Elaboración propia

Con los anteriores datos se calibraron las matrices de proporciones requeridas para estructurar un modelo que cumpliera con los requerimientos del estudio, es decir, que modelara proporciones (comportamiento) y no valores absolutos, que se pudiese calibrar con una matriz observada y respondiera a las variaciones en el atractivo y/o la matriz de costos de interacción espacial. Las proporciones obtenidas se aplican a los datos de movilidad base correspondientes, para obtener la movilidad modelada de cada uno de los periodos de análisis para las situaciones *sin* y *con* proyecto.

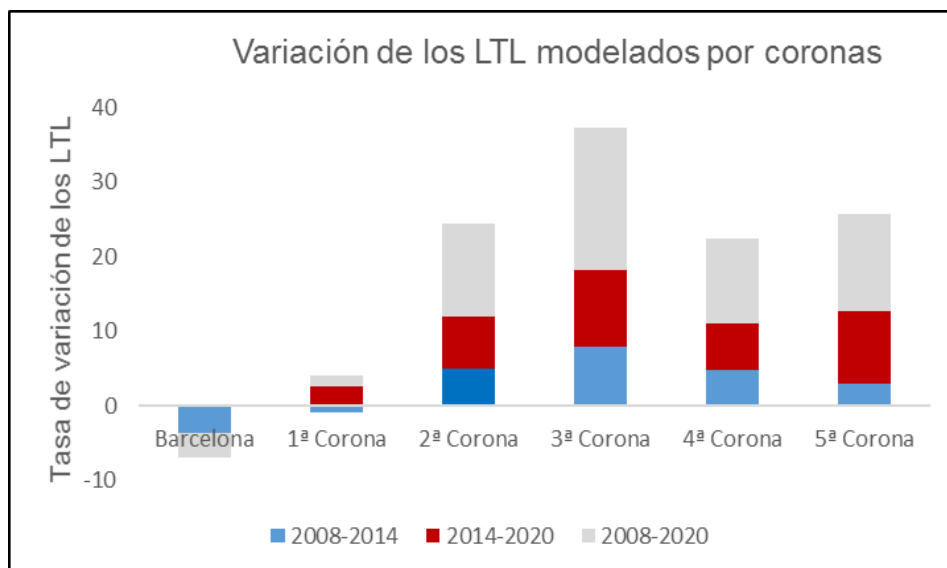
4.3 Características de la movilidad modelada para el conjunto de la RMB

Los resultados obtenidos a nivel de municipio para toda la RMB, muestran que el efecto de la fricción (distancia para este caso) incrementa los LTL en un 4.66% para el periodo total de estudio 2008-2020. También se observa que los desplazamientos al interior de la RMB, se distribuyen de forma diferente por la construcción de la B-40. Adicionalmente, para las dos situaciones los principales subcentros de empleo representan los sectores de mayor densidad de desplazamientos.

- Características del empleo o de los LTL

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos por coronas a igual distancia de Barcelona para el periodo comprendido entre 2008-2020. Para la situación *con* proyecto Barcelona y la primera corona presentan crecimientos negativos. A partir de la segunda corona se observan incrementos de hasta el 15.15%. El efecto de la fricción se evalúa cuando se comparan la situación *sin* y *con* proyecto para la movilidad modelada, los resultados son coherentes con los encontrados en la etapa anterior y evidencian que la nueva infraestructura tiene un mayor efecto en las coronas metropolitanas a partir de los 30 Km de Barcelona.

Figura 5. Variación de los LTL modelados para los periodos analizados

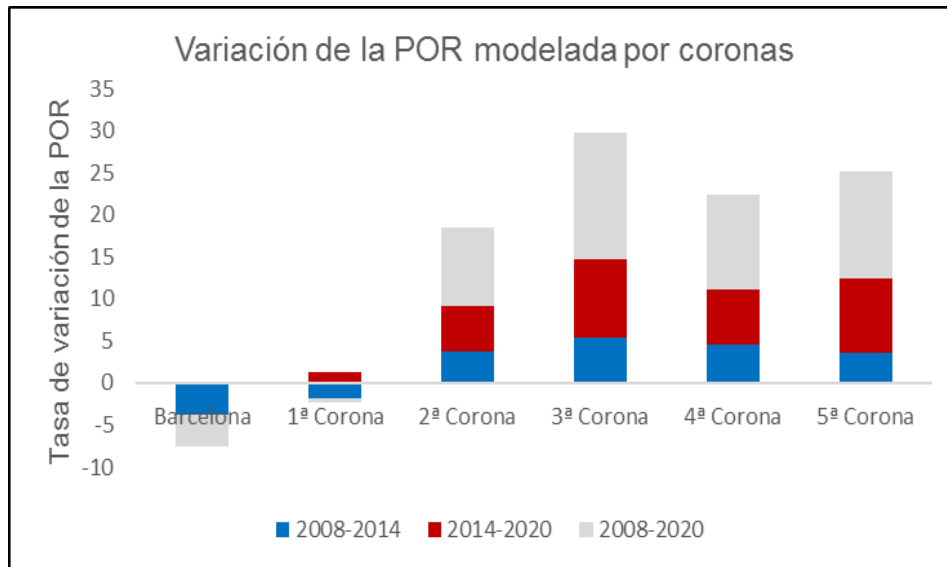


Fuente: Elaboración propia

- *Características de la población ocupada residente POR para la movilidad modelada*

El comportamiento de la POR confirma el descenso de Barcelona y de la primera corona o continuo urbano; a partir de la segunda corona y en todos los periodos el crecimiento es continuo y positivo, lo que, reafirma la tendencia de descentralización de la población y la reducción del desequilibrio entre la población ocupada y el empleo como se muestra en la figura 6.

Figura 6. **Variación de la POR (población ocupada residente) por coronas**



Fuente: Elaboración propia

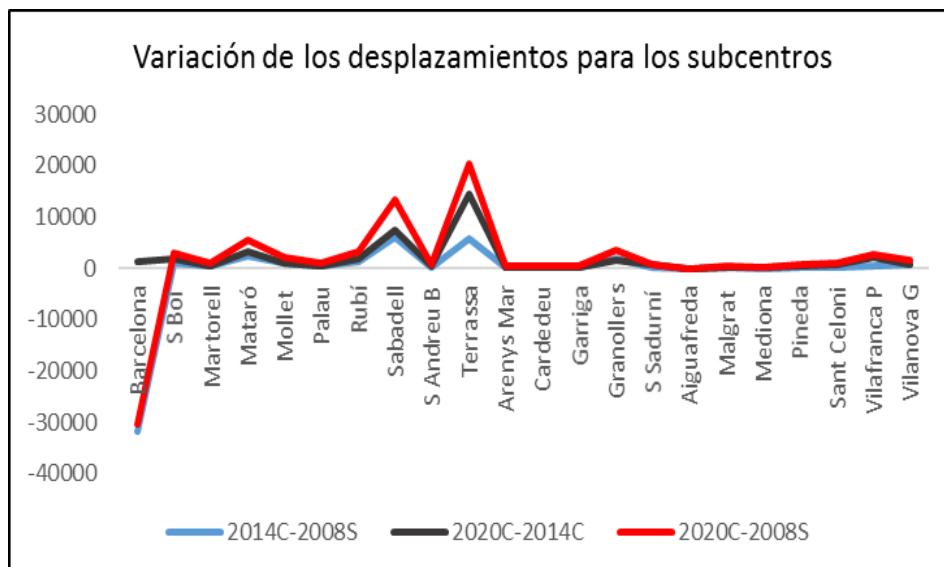
El comportamiento de los indicadores territoriales de autocontención y autosuficiencia validan los resultados obtenidos en las anteriores etapas que muestran que Barcelona y su continuo urbano empiezan a disminuir su mercado de trabajo y su porcentaje de ocupación a favor de las coronas más alejadas y además señalan que los municipios de menor superficie y dimensión demográfica tienen crecimientos positivos.

- *Evolución de la movilidad modelada en los subcentros de empleo*

La figura 7 muestra el comportamiento de los desplazamientos en los subcentros de empleo. En el primer periodo de estudio (color azul) el 64% de los desplazamientos por trabajo de la RMB se producen en ellos, aunque, el nivel de ocupación es del 55%. En el segundo periodo (de color gris) y en el tercer periodo (color rojo) se incrementa los desplazamientos hacia los subcentros.

Los subcentros de empleo que más crecen son Terrassa y Sabadell, seguidos de Mataró, Granollers, Sant Boi, Vilafranca del Penedés y Vilanova i la Geltrú. Los demás subcentros mantienen una tendencia constante.

Figura 7. Comportamiento de los desplazamientos en los subcentros para los tres periodos de análisis



Fuente: Elaboración propia

El cambio producido en autocontención y autosuficiencia evidencia que sólo Barcelona, Sant Sadurní de Noya y Martorell disminuyen su capacidad de autocontención por efecto de la B-40. Todos los demás subcentros presentan incrementos positivos. Respecto a la autosuficiencia se encuentra que seis (6) subcentros no son capaces de satisfacer su oferta de empleo, como Sabadell, Martorell, Terrassa, Barcelona, Cardedeu y Mataró. Para la situación con B-40 los municipios centrales presentan un descenso en su capacidad de atracción, mientras que los municipios de menor tamaño poblacional mejoran su capacidad de atractivo. En cuanto a la POR los datos reflejan que Barcelona, aunque disminuye su capacidad de ocupación en aproximadamente un 4% sigue siendo el principal centro de empleo de la RMB.

4.4 Análisis de la modificación del policentrismo de RMB por la construcción de la B-40

Esta investigación considera la RMB como policéntrica, además, evalúa un proyecto que se encuentra en etapa de construcción, definido en el PTMB de 2010. Los análisis realizados son de tipo funcional y utilizan información de movilidad laboral. Por ello, se aplican una serie de indicadores que están relacionados con la red de transporte y la conectividad que esta proporciona.

Particularmente, se evalúa el indicador de Green, que utiliza la teoría de grafos y considera la interacción entre los nodos; el indicador de Shannon que utiliza los principios de la entropía y el indicador de potencial de accesibilidad. Para contrastar, las dos situaciones evaluadas *sin* y *con* proyecto se aplican diferentes indicadores territoriales.

4.4.1 Cuantificación del policentrismo funcional

- Aplicación del indicador de Green

Los valores obtenidos al aplicar el indicador de Green al conjunto de la RMB se muestran en la tabla 4 y señalan que este se incrementa con la construcción de la B-40. El valor de la situación *sin* proyecto que representa la situación actual se encuentra dentro del rango de los valores obtenidos en otras investigaciones.

Tabla 4. Valor del Indicador de Green para los periodos de análisis a nivel de la RMB

Periodo	2008 SIN	2014 CON 1ª etapa	2020 CON finalizada
RMB	0.297811648	0.299764029	0.318628609

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de movilidad modelada.

El análisis por coronas metropolitanas señala que Barcelona y los municipios de la primera y segunda corona que representan el primer ámbito territorial no presentan cambios importantes en su policentrismo, caso contrario se observa en los sectores de la tercera, cuarta y quinta corona donde hay cambio en el valor del indicador de Green.

- Aplicación del indicador de Shannon

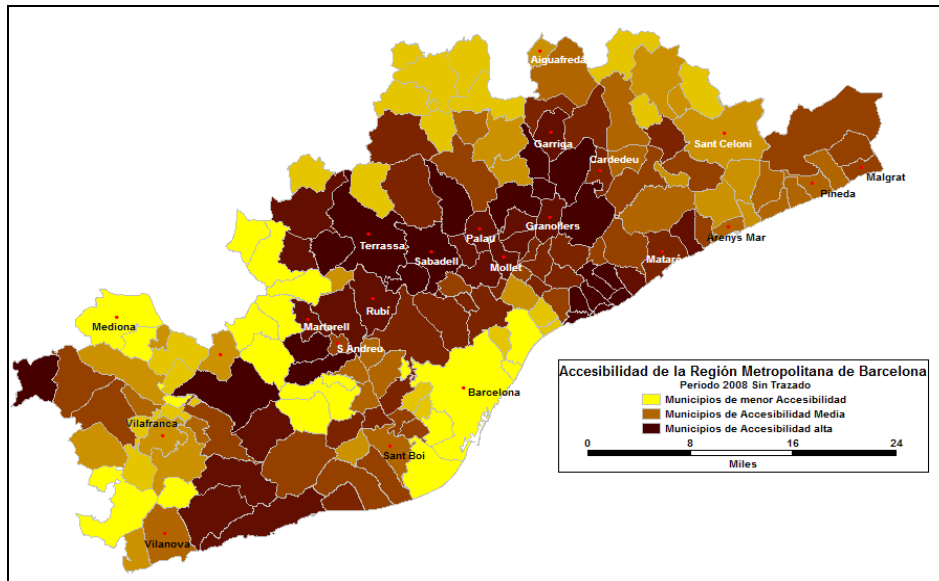
El índice de entropía de Shannon es un indicador que permite ver la tendencia de la estructura urbana en función de la variación de la intensidad de la movilidad desde la localización de los orígenes y destinos. El índice se aplica para el periodo 2008 SIN y 2020 CON. Para los destinos el índice cambia de 2.157 a 2.312; para los orígenes el cambio es 2.406 a 2.512. Los resultados obtenidos confirman el aumento de la movilidad, tanto en orígenes como destinos, señalando, el incremento de las relaciones entre los municipios por efecto de la infraestructura de transporte.

- Aplicación del Indicador de Accesibilidad

El indicador de potencial de accesibilidad se aplica a dos ámbitos territoriales diferentes RMB y subcentros de empleo para los periodos 2008 SIN y 2020 CON. En este trabajo la accesibilidad se evalúa en función del tamaño de los flujos de población y expresa la conectividad inherente al policentrismo. A nivel de la RMB el efecto de la distancia en la accesibilidad, se debe especialmente a la variación de las relaciones de conectividad. La figura 8 muestra la accesibilidad para el periodo 2008 SIN por efecto de los flujos.

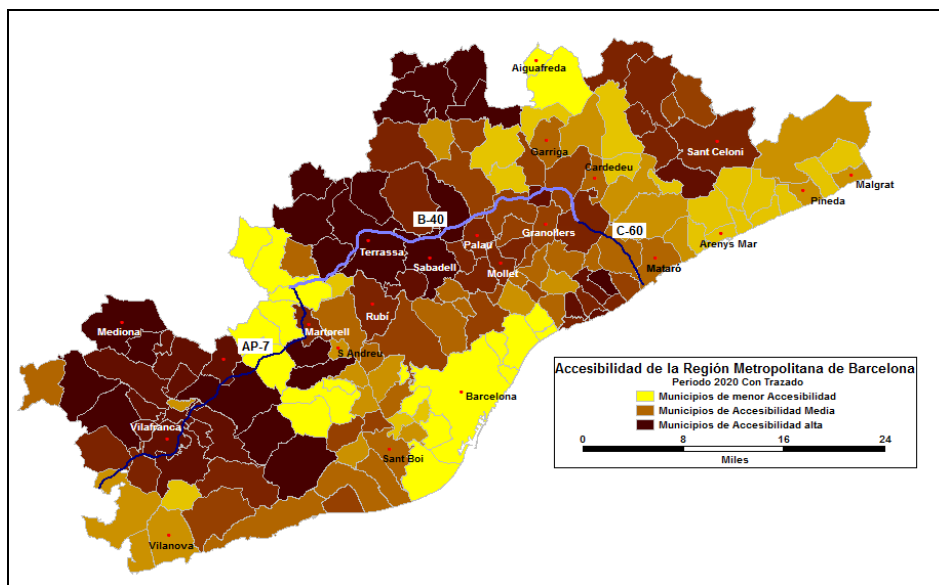
Para el periodo 2020 CON se observa que la accesibilidad se incrementa y presenta los mayores valores en los municipios más periféricos de la RMB siguiendo el trazado del corredor que configura la B-40 con la AP-7 en el sector de Vilafranca y la AP-7 en el sector del Vallès Oriental. Los municipios que presentan mayor cambio se caracterizan por ser de poco peso demográfico, en el sector del Alt del Penedès muchos municipios de menor dimensión obtienen importantes incrementos de accesibilidad. Barcelona y su continuo urbano son los que menos cambios experimentan como se ve en la figura 9.

Figura 8. Accesibilidad de la RMB para el periodo 2008S *sin trazado*



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Accesibilidad para la RMB para el periodo 2020 *con trazado*



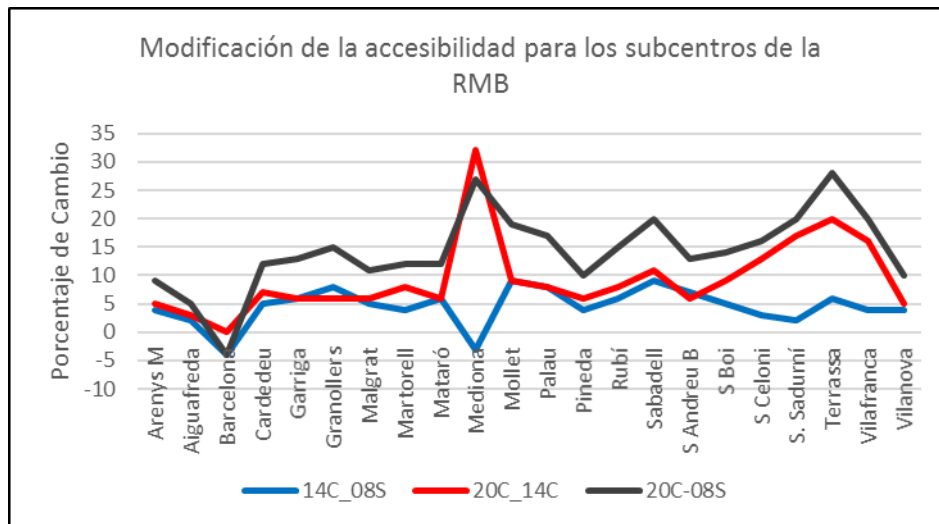
Fuente: Elaboración propia

La variación de la accesibilidad a nivel de subcentros señala que Barcelona no presenta cambios positivos en todo el periodo de análisis. Mientras que, los subcentros ubicados en el cinturón de la B-40 presentan importantes incrementos en el porcentaje de accesibilidad, es el caso de Terrassa con un 28%, seguido por Sabadell, y Granollers con 21 y 14.5% respectivamente.

Respecto a los subcentros de las comarcas más exteriores de la RMB el mayor incremento lo experimenta Vilafranca en el Alt del Penedès y Vilanova en el Garraf con 20 y 10% cada uno.

Los subcentros de la comarca del Maresme experimentan cambios del orden del 12-15%. Dentro de los subcentros de menor tamaño demográfico sobresale Mediona en el Alt del Penedès con cerca del 27% ver figura 10.

Figura 10. **Modificación de la accesibilidad por la construcción de la B-40 a nivel de subcentro**



Fuente: Elaboración propia aplicando el indicador de potencial de accesibilidad

Los indicadores utilizados para evaluar el policentrismo para las situaciones *sin* y *con* proyecto sugieren que existe cambio en los parámetros urbanos de la RMB por efecto del cambio en la distancia entre los municipios por la construcción de la B-40. Particularmente, el indicador de Green para el conjunto de la RMB presenta un ligero incremento que se debe a la mayor densidad de flujos. Más interesante aún es el resultado para las coronas a igual distancia de Barcelona que confirma que existen sectores en los que la nueva configuración de viajes crea redes más densas que reflejan un incremento de las relaciones de tipo horizontal que caracterizan el policentrismo.

La accesibilidad muestra un comportamiento positivo pues un alto porcentaje de núcleos urbanos incrementa su valor para el periodo de estudio, además, el análisis señala que son los núcleos de menor dimensión y peso demográfico los que más se benefician, y los que se encuentran ubicados en los sectores más externos de la RMB. Es decir, la B-40 contribuye a mejorar el equilibrio territorial.

5. Conclusiones

Existe una relación de dependencia recíproca entre el desarrollo espacial policéntrico y las redes de infraestructuras de transporte, particularmente las *carreteras*. Según la cual, la modificación paulatina de la estructura urbana depende del nivel de cambio que se produce en la conectividad y la accesibilidad. Las anteriores características territoriales a su vez, también dependen de otros factores externos a la infraestructura de transporte, por ello, la construcción de una nueva infraestructura de transporte viaria por sí misma no causa policentrismo.

En lo pertinente a la aplicación de la metodología y el empleo de las técnicas, para analizar el efecto de la construcción de la B-40 en la estructura urbana policéntrica de la RMB, se alcanzaron tres novedades con respecto a los estudios previos en la materia en general y en particular sobre el área de estudio.

- *El primer aporte* se refiere al efecto de la distancia en la centralidad de la RMB y al efecto territorial de la modificación de la distancia. Los resultados obtenidos señalan que la centralidad geográfica de la RMB por efecto de la red viaria completa se hace más amplia. La modificación de la distancia es de tipo residual y se debe a la proximidad al proyecto. Los municipios que experimentan mayores cambios pertenecen a las comarcas del Vallès Oriental y Occidental y al Baix del Llobregat.

De otro lado, el menor efecto, se observa en los municipios ubicados a lo largo de la costa mediterránea en las comarcas del Maresme, del Barcelonés, del Baix del Llobregat, del Garraf y del Alt del Penedès.

El efecto territorial del proyecto B-40 se debe a que facilita la articulación de los diferentes ejes viarios lo que se traduce en cambios en la conectividad. Así, los municipios situados en las comarcas del Alt Penedès y el Garraf, que no presentan modificaciones significativas en distancia se ven altamente favorecidos por la nueva articulación viaria. La B-40, crea un corredor directo entre ellos y los municipios ubicados al otro lado de la RMB enlazando la C-15 con la AP-7 y la C-60, en un tramo de aproximadamente 140 km.

- *El segundo aporte* hace referencia al efecto de la distancia en *los patrones de movilidad*. Las principales características de los nuevos patrones de movilidad evidencian un cambio en los índices territoriales de autocontención y autosuficiencia que señalan un desplazamiento de la población hacia las coronas más exteriores de la RMB y el fortalecimiento de los principales subcentros económicos de cada sector.

A pesar de que las coronas metropolitanas se caracterizan especialmente como espacios en los que se generan viajes y Barcelona como el espacio que atrae gran parte de los mismos, el análisis por coronas permite matizar esta aproximación inicial. Existe una diferencia notable entre las coronas y Barcelona. En las primeras, el cociente entre empleo y los ocupados residentes para los diferentes periodos es menor que 1, mientras que para Barcelona en todos los periodos es del orden de 1,4. Lo anterior muestra que Barcelona es el principal lugar de trabajo de la RMB, que necesita importar trabajadores de los otros sectores y que es la mayor generadora de movilidad.

De otro lado, el resto de las coronas metropolitanas se consolida como un gran espacio que genera viajes.

- *El tercer aporte* está enfocado a la evaluación del policentrismo funcional. El uso de las técnicas del análisis de redes sugiere que los flujos de movilidad o commuting aumentaron en todo el periodo 2008-2020, representado en un aumento de los movimientos intermunicipales de 4,06%. Se registra un aumento en la densidad de los desplazamientos que se traduce en un incremento de conectividad.

También, se muestra que se ha intensificado el número de enlaces en determinados sectores y se observa que siguen existiendo sectores de la RMB en los cuales no existe un alto grado de interacción funcional. Además, se verifica que algunos municipios de la RMB presentan un mínimo de flujos o movilidad.

El análisis por coronas sugiere que la nueva distribución de viajes es más equilibrada y el descenso del principal núcleo central a favor de los sectores más periféricos de la RMB confirma los procesos de descentralización que se están produciendo al interior del ámbito de análisis.

El índice de Shannon confirma el comportamiento de la movilidad, y, sugiere que se produce un fortalecimiento del policentrismo derivado de los flujos de entrada o destinos, respecto al producido por los flujos de salida u orígenes.

En lo que se refiere a la accesibilidad, la modificación de este indicador en todo el periodo de análisis confirma el cambio de la conectividad por efecto de la modificación de la distancia. En cuanto a su distribución, los resultados obtenidos sugieren que los sectores que más incrementan la accesibilidad son los municipios ubicados en el sector de servicio del proyecto y en los municipios más exteriores de la RMB en detrimento de los municipios centrales que no presentan modificaciones considerables de accesibilidad por efecto de la fricción por distancia. Finalmente se comprueba que la autovía analizada cumple con los objetivos propuestos por el PTMB para las infraestructuras. Porque, refleja la función territorial que se le asigna al unir los diferentes sistemas urbanos de las comarcas del Vallès Oriental, Vallès Occidental y del Baix de Llobregat y configura un corredor metropolitano en el sector denominado segunda corona de Barcelona.

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Bibliografía

BAUM, N. *Did highways cause suburbanization?* En: *The Quarterly Journal of Economics* [en línea]. 2007. Oxford Academic, vol. 122, núm. 2, pp. 775-805 [fecha de consulta: 30 de junio de 2010] ISSN 0033-5533 Disponible en: <<https://doi.org/10.1162/qjec.122.2.775>>

BAUM, N. et al. *Roads, railroads and decentralization of Chinese cities.* En: Department of economics Brown University. [en línea]. 2012. Working paper. [fecha de consulta: mayo de 2014] Disponible: <http://www.econ.brown.edu/Faculty/henderson/papers/china_transport_all.pdf>

BRÖCKER, J., CAPELLO, R. et al. *ESPON 2.1.1 Territorial Impact of EU Transport and TEN Police.* En: ESPON: European Spatial Planning Observation Network [en línea]. 2006. Disponible en: <<https://www.espon.eu/programme/projects/espon-2006/policy-impact-projects/territorial-impact-eu-transport-and-ten>>

CERDA, J., MARMOLEJO, C., & ROCA, J. *Modelo de la Evaluación de la Eficiencia Energética y Ambiental, de la Estructura de Actividades y la Movilidad, de la Región Metropolitana de Barcelona EVALÚAMET.* En: *ACE: Architecture City and Environment* [en línea]. 2012. Año 7, núm. 19 de junio. P. 129-156 [fecha de consulta: julio de 2013] Disponible en: <<http://hdl.handle.net/2117/12554>> DOI: <<http://dx.doi.org/10.5821/ace.v7i19.2565>>

CERDA, J. *Calibración de Modelos Gravitacionales Acotados en Origen, para Predecir Variaciones en el total atraído de movilidad laboral.* En: *Global access to UPC knowledge* [en línea]. 2010. External research report. [fecha de consulta: julio de 2010] Disponible en: <<http://hdl.handle.net/2117/12554>>

COSTA, A., MELO, S., CRUZ, C. and AHMAS, A. *The Concept of Polycentrism in Infrastructure Networks an Application to Airports*. En: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [en línea]. Elsevier. 2014. vol. 111, pp. 68-77 [fecha de consulta: junio de 2015]. ISSN: 1877-0428. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.039>>

DE GOI, B., BURGER, J., VAN OORT, G., and KITSON, M. *Functional Polycentrism and Urban Network Development in the Greater South East, United Kingdom: Evidence from Commuting Patterns 1981-2001*. En: *Regional Studies* [en línea]. 2013, vol.44, Issue. 9, pp. 1149-1170 [fecha de consulta: septiembre 2015] ISSN: 1360-0591 Disponible en: <<https://doi.org/10.1080/00343400903365102>>

DE LAS RIVAS, J., ALVAREZ A., & PARIS, M. *El corredor industrial Valladolid – Palencia: Conurbación Emergente entre dos Polos Urbanos Consolidados*. En: *Revista Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*. 2013, vol. XLV núm. 176, pp. 363-367.

ESPON, 1.1.1. *Potentials for Polycentric development in Europe. Final Report* En: ESPON: European Spatial Planning Observation Network [en línea]. Nordic Centre for Spatial Development, 2005. Disponible en: <https://www.espon.eu/sites/default/files/attachments/fr-1.1.1_revised-full_0.pdf>

GARCIA, M., *Urban Spatial Structure, Suburbanization and Transportation in Barcelona*. En: Document de treball de l'IEB, [en línea]. 2012, núm, 11, pp. 1-36, [fecha de consulta: octubre de 2014] Disponible en: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3889008>>

GUTIERREZ, J., *Redes, Espacio y Tiempo*. En: *Revista Anales de la Geografía de la Universidad Complutense* [en línea]. 1998, núm. 18: pp. 65-86 [fecha de consulta: marzo de 2009] ISSN 0211-9803. Disponible en: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=86504>>

LÓPEZ, R., CATALÀ, R., & ESQUIUS, A. *Simcat: Sistema de Modelización de Movilidad y Tráfico en Catalunya. Integración al Modelo Evaluamet*. En: *ACE: Architecture City and Environment* [en línea]. 2012. Año 7, núm. 19 de junio. P. 187-216 [fecha de consulta: julio de 2013] Disponible en: <<http://hdl.handle.net/2099/12351>>

MARMOLEJO DUARTE, C., MASSIP, J., y AGUIRRE, C. *Policentrismo en el Sistema Urbano Español*. En: *Revista Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*. 2013, vol. XLV núm. 176, pp. 281-300.

MARTÍNEZ, H. et al. *Road accessibility and articulation of metropolitan spatial structures: the case of Madrid (Spain)*. En: *Journal of Transport Geography* [en línea]. Elsevier. 2014, vol. 37 (C), pp. 61-73 [fecha de consulta: octubre de 2015]. ISSN: 0966-6923. Disponible en: <<https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/3933>>

ROCA CLADERA, J., ARELLANO, B., & MOIX, M. *Estructura Urbana, policentrismo y "Sprawl"*. En: *Revista Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*. 2011, vol. XLIII núm 168, pp. 299-321.

SEITANIDIS, S., GIANNAKOU, A., and FOURKAS, V. *An Assessment of Egnatia Motorway's Impacts on Polycentric Development*. En: *Egnatia Odos Observatory Technical Report* [en línea]. 2010 pp. 1-45 [fecha de consulta: junio de 2013]. Disponible en: <http://observatory.egnatia.gr/reports_en.htm>

SONG, G. *Polycentric Development and Transport Network in China's Megaregions* [en línea] Doctoral Dissertation. Georgia Institute Technology. Georgia, 2014. [fecha de consulta: marzo de 2015]. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/1853/53415>>