

METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD A LOS RECURSOS SANITARIOS: EL CASO DE CATALUÑA

ESTER PRAT¹, LLUIS PESQUER¹, MIQUEL OLIVET², JOAN ALOY², JOSEP FUSTE² y
XAVIER PONS³

¹Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF)
Edificio C, Universitat Autònoma de Barcelona 08193 Bellaterra (Barcelona), España

²Departamento de Salud, Generalitat de Cataluña
Travessera de les Corts, 131-159 (Edificio Olimpia) 08028 Barcelona, España

³Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Barcelona
Edificio B, Universidad Autónoma de Barcelona 08193 Bellaterra (Barcelona), España

¹e.prat@creaf.uab.cat, ²catsalut@catsalut.net, ³xavier.pons@uab.cat

RESUMEN

En la planificación de servicios públicos, como los servicios sanitarios, resulta útil poder disponer de técnicas objetivas para el análisis y la cuantificación de su adecuación a la distribución de la población en el territorio. Con este objetivo, y con la colaboración entre el Departamento de Salud de la Generalitat de Cataluña, y el Departamento de Geografía y el Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF) de la UAB, se llevó a cabo, entre los años 2007 y 2008, un estudio de la accesibilidad a los centros sanitarios públicos de Cataluña, mediante la utilización de herramientas de cálculo de rutas óptimas, integradas en un SIG. Los resultados ponen de manifiesto el interesante potencial de la metodología utilizada en la planificación territorial de los servicios sanitarios y los principales puntos a mejorar en términos de accesibilidad de la población a los recursos sanitarios.

Palabras clave: accesibilidad, sanidad pública, rutas óptimas, SIG, Cataluña.

A METHOD FOR ANALYZING THE ACCESSIBILITY TO PUBLIC HEALTH SERVICES IN CATALONIA

ABSTRACT

In the planning of public services such as health services, it is useful to have techniques for objective analysis and quantification of its suitability to the population distribution in the territory. With this purpose, and the collaboration between the Department of Health of the Generalitat of Catalonia, and the Department of Geography and the Center for Ecological Research and Forestry Applications (CREAF) at UAB, a study of accessibility to public health centers of Catalonia, through the use of tools for optimal routing, integrated into a GIS, was carried out during the years

2007 and 2008. The results show the interesting potential of the methodology used in the planning of health services and key points to improve in terms of accessibility of people to health resources.

Keywords: accessibility, public health system, optimum routes, GIS, Catalonia.

1. Introducción

La asistencia sanitaria pública catalana se estructura en un conjunto de centros sanitarios distribuidos por el territorio, los cuales ofrecen diferentes servicios según su localización y las características de la población a atender. Esta distribución es planificada previamente por el Departamento de Salud de la Generalitat de Cataluña, el cual se sirve de distintas fuentes de información para el estudio de las necesidades de la población y el diseño de una distribución equitativa de sus recursos.

La organización, análisis y planificación de los centros sanitarios en Cataluña para los próximos años es recogida en el Mapa sanitario, sociosanitario y de salud pública de Cataluña, presentado en mayo de 2008 por el Departamento de Salud de la Generalitat de Cataluña (Departament de Salut, 2008), que abarca hasta el año 2015 y que constituye la herramienta principal de planificación de los servicios sanitarios en Cataluña. En el marco de la elaboración del Anteproyecto del Mapa sanitario, durante el análisis de la situación actual y planificación futura de las infraestructuras sanitarias catalanas, el Departamento de Salud se planteó la posibilidad de desarrollar análisis territoriales objetivos de la adecuación de los servicios sanitarios a la distribución de la población en el territorio. Al margen, pues, de la herramienta de análisis que supone el Mapa, se llevó a cabo, con la colaboración del Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF) y del Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Barcelona, entre los años 2007 y 2008, este estudio de la accesibilidad de los centros sanitarios públicos de Cataluña, como experiencia en el uso de técnicas objetivas en la evaluación de la distribución territorial del sistema sanitario público catalán.

En el presente artículo se describen los pasos seguidos para efectuar el estudio, así como los métodos utilizados y los resultados obtenidos. En el apartado siguiente se ofrece una visión general de algunos de los trabajos existentes sobre el tema de la accesibilidad, incluida la relacionada con servicios sanitarios. A continuación, en el apartado tercero, se describen los datos de partida y los métodos utilizados, así como el ámbito de estudio. En el apartado cuarto se ofrecen algunos de los resultados obtenidos en el estudio y finalmente se discuten éstos y las implicaciones del trabajo en el apartado cinco.

2. Estado de la cuestión

La accesibilidad a un servicio puede definirse como el grado con el que éste puede ser usado, visitado o accedido por sus usuarios, pudiendo ser medida en función de cualquier tipo de coste que implique el uso, visita o acceso al mismo (Ajenjo, 2003; Bosque, 2004; Kwan, 2003; Moreno, 1995; Thill, 2005; Varela, 2004). En este sentido, existen numerosos trabajos que han desarrollado escenarios similares al planteado en este estudio, utilizando medidas de accesibilidad a

servicios o a lugares de interés (Comissió de Mobilitat del Pacte Industrial, 2003; Moreno, 1996; Salado, 2006; Varela, 2006). Concretamente el campo de la sanidad y del acceso a los equipamientos sanitarios constituye una temática de interés en este tipo de estudios, ya sea por la evaluación de los estados actuales de distribución de los recursos sanitarios que permiten los análisis de accesibilidad propiamente dichos (Bonmatí, 1994; Brabyn, 2001; Escalona, 2003; Goodman, 1997; Gutiérrez, 2002; Jordan, 2004; Kalogirou, 2004; Lovett, 2002; Messina, 2006; Pearce, 2006; Ramírez, 2003; Redondo, 2003; Redondo, 2005; Rosero-Bixby, 2004), como por la posibilidad que ofrecen de desarrollar análisis de localización óptima de futuros centros y equipamientos sanitarios (Ohta, 2007; Ramírez, 2001; Spaulding, 2007).

En el contexto de la sanidad catalana, el presente trabajo constituye una primera aproximación a la situación actual del sistema sanitario en relación a su distribución territorial. Con anterioridad a este estudio se llevó a cabo la georreferenciación de la totalidad de centros públicos existentes y la digitalización de los límites de las distintas divisiones administrativas para el caso de la sanidad. Estas bases cartográficas no existían en formato digital y fueron integradas en un SIG. Por este motivo, nuestro trabajo implica una primera fase en la planificación sanitaria en Cataluña, constituyendo un análisis inicial y de carácter general de la cobertura sanitaria de la población, previo a estudios más detallados que permitan acometer proyecciones de ubicación de nuevos equipamientos en escenarios futuros.

3. Materiales, datos y métodos

3.1. El caso de estudio

El cálculo de la accesibilidad a los centros sanitarios proporciona una medida cuantitativa de la proximidad de los servicios a los usuarios, de modo que puede argumentarse y justificarse objetivamente la cobertura sanitaria de la población. En este estudio la accesibilidad ha sido evaluada mediante la mínima distancia a recorrer y el mínimo tiempo a invertir por los usuarios desde su lugar de residencia hasta el servicio sanitario más cercano, teniendo en cuenta el transporte privado por carretera. Los cálculos se han llevado a cabo mediante el Sistema de Información Geográfica MiraMon (Pons, 2008; Santos, 2006) y utilizando datos sobre las ubicaciones de los núcleos de población y los centros sanitarios de Cataluña, así como un grafo con las vías de comunicación existentes y sus velocidades de recorrido asociadas.

La distribución territorial de la población afecta a los procesos de planificación de servicios, que deben concentrarse en las áreas más pobladas, pero sin desatender y asegurando la dotación de las áreas menos habitadas. En este sentido, el presente estudio resulta de interés por cuanto analiza en mayor medida los trayectos interurbanos, es decir, los desplazamientos entre núcleos de población, que son también los de mayor interés en la planificación sanitaria, dado que implican zonas que no disponen de un servicio propio y que, por tanto, dependen de manera más crítica de la distancia o el tiempo en el que sus habitantes alcanzan el servicio. Los trayectos dentro de un mismo núcleo requerirían de completos callejeros de las poblaciones, información de la cual no se disponía, a la vez que de menor interés estratégico para la planificación a nivel de Comunidad Autónoma. Asimismo, los trayectos efectuados utilizando transporte público no se han contemplado

por no disponer de información suficiente y por considerar que el tratamiento de las rutas resultaría distinto, reservándose, pues, para análisis posteriores.

3.1.1. Delimitación espacial

El territorio catalán se divide en siete Regiones Sanitarias, que cuentan con una cierta dotación de recursos sanitarios de atención primaria y de atención especializada para atender las necesidades de la población. Cada Región se ordena, a su vez, en Gobiernos Territoriales de Salud (GTS), donde se desarrollan y coordinan las actividades de promoción de la salud, prevención de la enfermedad, salud pública y asistencia sociosanitaria en el nivel de atención primaria y de las especialidades médicas. Los Gobiernos están constituidos por la agrupación de Áreas Básicas de Salud (ABS). El Área Básica de Salud es la unidad territorial elemental a través de la cual se organizan los servicios de atención primaria de salud. Son unas unidades territoriales formadas por barrios o distritos en las áreas urbanas, o por uno o más municipios en el ámbito rural. Todas estas delimitaciones son determinadas en función de factores geográficos, socioeconómicos, demográficos, laborales, epidemiológicos, culturales, climáticos, de vías de comunicación homogéneas, así como de instalaciones sanitarias existentes, teniendo en cuenta la ordenación territorial de Cataluña y en función de la accesibilidad de la población a los servicios y de la eficiencia en la organización de los recursos sanitarios (Departament de Salut, 2008).

La distribución de la población en Cataluña sigue una estructura claramente heterogénea, concentrándose principalmente en grandes áreas urbanas. Según datos de 2001, 3 de las 41 comarcas (Barcelonès, Vallès Occidental y Baix Llobregat) concentraban más del 50% del total de la población y casi el 65% se encontraba repartida en sólo 5 comarcas (IDESCAT, 2006). Por lo que refiere a las vías de comunicación, la provincia de Barcelona dispone del doble de vías que el resto de provincias, sobre todo de vías de doble calzada y de autopistas libres y autovías (Departament de Política Territorial i Obres Públiques, 2007), reflejando también la mayor concentración de población en la Región Metropolitana de Barcelona.

3.1.2. Delimitación temporal

El período temporal examinado en el estudio viene determinado por la procedencia de los datos. Tanto los datos correspondientes a los distintos núcleos de población y su número de habitantes como los correspondientes a los centros sanitarios de salud contienen informaciones del año 2005. En cambio, la red de carreteras que pudo obtenerse correspondía a los trazados existentes en el año 2003. El estudio, por lo tanto, abarca la situación existente en el año 2005 en relación a población y servicios, si bien debe tenerse en cuenta que los resultados referentes a la accesibilidad son calculados según las infraestructuras viarias del año 2003.

3.2. Los datos

Se exponen a continuación las características de los datos de partida utilizados en el estudio. En primer lugar, la base gráfica correspondiente a los núcleos de población de Cataluña procedía del Departamento de Gobernación y Administraciones Públicas de la Generalitat de Cataluña, y

estaba disponible en 3 tipos de entidades: puntos, líneas y polígonos ([figura 1](#)). Cada uno de los ficheros estaba asociado a una tabla de atributos de los núcleos, entre los cuales se encontraba la población censada en el año 2005. El total de núcleos con población era de 3139, integrados en 946 municipios.

Las ubicaciones de los centros sanitarios se obtuvieron del mismo Departamento de Salud, el cual contaba con una base cartográfica de puntos asociada a una extensa base de datos descriptiva de las características de cada centro y de los servicios ofrecidos por cada uno. Los datos correspondían también al año 2005. El total de centros sanitarios era de 1546, de tipologías y servicios diversos, como se aprecia en la [figura 2](#), que muestra la ubicación de distintos centros sanitarios, simbolizados mediante formas y colores diferentes sobre una ortofotografía 1:5000 del Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC).

Para calcular los desplazamientos entre núcleos y centros se utilizó un grafo de carreteras (O'Sullivan, 2003; Laurini, 1992) proporcionado por el Departamento de Política Territorial y Obras Públicas (DPTOP) de la Generalitat de Cataluña. El grafo consistía en un fichero de arcos que representaba el trazado de las vías de comunicación de Cataluña. Según especificaciones del mismo Departamento, correspondía a un grafo 2D, elaborado a partir de cartografía 1:50000 en la Región Metropolitana de Barcelona y 1:250000 para el resto de Cataluña. Los atributos asociados a los arcos eran, entre otros, la nomenclatura de la vía, la velocidad de recorrido libre, la clasificación funcional de la carretera y la IMD (intensidad media diaria) de tráfico. En la [figura 3](#) puede apreciarse una muestra del grafo proporcionado, con sus correspondientes arcos y nodos. Los nodos en verde indican cambios en los atributos de la vía.

Las velocidades de recorrido libre estaban calculadas a partir de cartografía 1:5000 del año 2003 para las carreteras de las redes básica (limitada superior a 120 km/h) y comarcal (calculada para algunas y establecida de forma genérica a 60 km/h para el resto), mientras que para la red local era establecida de forma genérica a 50 km/h y a 19 km/h para pistas y vías no catalogadas. Debe remarcarse que las velocidades utilizadas no corresponden a velocidades reales de circulación, en el sentido de que no son velocidades medidas *in situ*, sino que son modeladas en función de los trazados y tipologías de las vías. Esta particularidad y el hecho de que correspondan al año 2003 puede hacer menos precisos los resultados, si bien no dejan de ser adecuados para una aproximación relativa como la que se pretende en el estudio.

3.3. Técnicas de análisis

Debido a las especificaciones de los distintos servicios disponibles en cada centro sanitario en la base de datos de centros, han podido llevarse a cabo análisis específicos teniendo en cuenta sólo los centros de un solo tipo o con un tipo determinado de servicio. A la vez, y por disponer también de las divisiones administrativas sanitarias en que se divide el territorio catalán, propias de la Administración sanitaria catalana y proporcionadas por el propio Departamento de Salud, han podido efectuarse análisis territoriales dentro de cada división sanitaria, prescindiendo de los demás núcleos y centros existentes. Además, se han llevado a cabo análisis únicamente teniendo en cuenta los centros y no los núcleos, estudios de interés para conocer la proximidad y dependencia de los

servicios entre sí. Los diferentes niveles de análisis y las grandes tipologías de servicios incluidas en cada uno se especifican en la [tabla 1](#).

El total de casos estudiados fue de 38 diferentes en relación a los núcleos origen y los centros de destino. En una primera aproximación, el análisis general ofrece datos sobre la proximidad de las diferentes tipologías de servicios a todos los núcleos de población de Cataluña, sin tener en cuenta ninguna división territorial sanitaria. En una segunda aproximación, se ha estudiado la accesibilidad de los centros dentro de las propias divisiones administrativas sanitarias, concretamente dentro de las Áreas Básicas y los Gobiernos Territoriales de Salud. En una tercera aproximación que sólo implicaba los centros sanitarios, las distancias calculadas indican las proximidades de los consultorios locales a los centros de atención primaria, y de éstos al resto de servicios.

La metodología utilizada consistió en el uso de herramientas de análisis territorial integradas en un SIG. El Sistema de Información Geográfica utilizado fue MiraMon, en el cual fue necesario desarrollar algunas aplicaciones necesarias para el estudio, disponibles a partir de ese momento en el paquete informático del propio programa, permitiendo la realización de estudios similares con otra tipología de datos. El método y los procedimientos utilizados y descritos en este artículo son también extrapolables a otros casos similares de estudio, ya sean en el ámbito sanitario o bien en cualquier otra área relativa a servicios o a otro tipo de localizaciones. Así pues, se describe en este apartado la metodología utilizada, que viene resumida, con sus puntos más importantes, en el diagrama correspondiente a la [figura 4](#).

3.3.1. Preparación de los datos

En nuestro caso, el proceso empezó con la importación de los datos a los formatos propios del software utilizado en el estudio, para los casos de los núcleos de población y grafo de carreteras. El formato de los centros sanitarios ya era el adecuado, debido a su creación por parte del Departamento de Salud a partir del mismo programa de SIG. Para el caso del grafo de carreteras, hubo que descartar en la importación el proceso habitual de estructuración topológica, con el objetivo de no perder las superposiciones de carreteras a distintos niveles. La estructuración topológica de arcos (Bonham-Carter, 1994; Franch, 1995) exige la existencia de un nodo en la intersección entre dos arcos para mantener la coherencia topológica, pero esta condición implica que los arcos se encuentran todos en un mismo plano y, por tanto, a la misma altura, con lo cual no permite representar superposiciones de viales a distintos niveles debidos, por ejemplo, a la existencia de puentes. Estos casos son abundantes en una red de carreteras y deben mantenerse sin estructurar, para evitar generar conexiones no reales entre vías de comunicación. La [figura 5](#) ilustra esta situación. En la imagen de la izquierda puede observarse cómo algunos arcos que cruzan con otros forman intersecciones estableciéndose conexiones entre las dos vías (existencia de nodos) y, en cambio, en otros casos no existe intersección (ausencia de nodos), lo que significa que las carreteras se cruzan a distinto nivel y, por tanto, no hay posibilidad de conexión entre ellas en ese punto, tal como puede apreciarse en la imagen de la derecha de la figura, correspondiente a una captura del Mapa Topográfico 1:5000 de la misma zona (ICC), con el trazado de las vías de comunicación y sus correspondientes puentes.

3.3.2. Transferencia de atributos

A continuación, el paso necesario fue transferir los atributos de los núcleos de población y los centros sanitarios (servicios, total de población, etc.) a los nodos del grafo viario de carreteras, debido a que es a partir de ellos que se efectúan los cálculos de distancias y tiempos a través de las carreteras. La aplicación *Rutes*, diseñada en el mismo momento del estudio para posibilitar este tipo de análisis, utiliza una red de arcos conectados entre si mediante nodos, los cuales constituyen los orígenes o destinos de los trayectos a calcular. Para ello, cada nodo de la red viaria debe llevar definida una función en los cálculos de rutas óptimas. Esta función se describe en un campo de la base de datos de los nodos, indicándose mediante una letra identificativa. Este campo y estas funciones dependen, en cada análisis, de si el nodo se asimila a un centroide de un núcleo de población, a un centro sanitario o bien a ambos a la vez. La necesidad de efectuar múltiples análisis en el estudio (desde varios núcleos de población a varios centros sanitarios a la vez) impulsó a desarrollar una herramienta que ofreciera la posibilidad del cálculo de rutas óptimas entre múltiples orígenes y destinos simultáneamente, dado que la mayoría de aplicaciones existentes en este campo ofrecen solamente cálculos entre un solo punto origen y un punto destino. Esta posibilidad facilitaba enormemente el tratamiento de los datos, a la vez que reducía considerablemente el tiempo a invertir en la preparación de los mismos.

Para poder efectuar tales asimilaciones se desarrolló asimismo una nueva opción en una aplicación (*AtriTop*) del SIG de trabajo, que permite transferir los atributos de una capa cartográfica de puntos a una red de nodos de arcos (y por lo tanto identificar éstos últimos con los primeros) a partir de un criterio de distancia geográfica. Así, los atributos de los puntos son transferidos a los nodos más cercanos, dentro de una distancia especificada, permitiendo asimilar los nodos a los puntos. Esta distancia debe ser un parámetro a resolver en análisis extrapolables a otra región de estudio. La aplicación incorpora la posibilidad de generar nodos antes inexistentes en vértices o tramos de arcos dentro de la distancia. Esta herramienta, por lo tanto, posibilita un paso imprescindible en el procedimiento de cálculo de rutas óptimas, que es el de etiquetar los nodos del grafo viario con la información de los orígenes y destinos de las rutas, distintos para cada caso de estudio.

En el caso descrito en este trabajo, la distancia escogida como límite para la transferencia fue de 300 metros, ya que de esa manera la distorsión introducida en los cálculos debida al cambio de posición efectiva de los centros sanitarios y los centroides de población se consideró asumible (300 metros \approx 57 segundos en el peor de los casos, circulando a 19 km/h). Con esta distancia máxima, casi 600 núcleos de población y 80 centros sanitarios no eran asimilados a ningún nodo de la red, por ser el grafo viario de poca densidad en las zonas más montañosas y alejadas de grandes núcleos. Es por ello que hubo que ampliar la red de carreteras para asegurar la conexión al grafo de estos núcleos y centros no asignados en el proceso automático de etiquetado de nodos.

Para ello nos servimos en el estudio de cartografía auxiliar para añadir los tramos necesarios al grafo y asignarles una velocidad media. Concretamente, los recorridos de los viales fueron copiados del Mapa de carreteras secundarias del Departamento de Medio Ambiente y Vivienda y las velocidades de recorrido fueron asignadas en función del tipo de vial digitalizado. Las categorías de vías se consultaron en el Mapa Topográfico vectorial 1:50000 del Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC), ya que era una información no disponible en el Mapa de carreteras

secundarias. La razón para no utilizar este mismo Mapa Topográfico para los recorridos era la escala, innecesariamente detallada en comparación con los datos originales del grafo. Así pues, para las categorías del Mapa Topográfico se estableció una correlación con las categorías de viales del grafo original, asignando en los nuevos tramos la velocidad media redondeada de la categoría en el grafo original, a partir de la categoría del Mapa Topográfico, tal como se muestra en la [tabla 2](#) y [tabla 3](#). Con el grafo ampliado, la asignación de atributos de los núcleos y centros sanitarios a los nodos de la red viaria se efectuó de manera automática (mediante *AtriTop*) con distancias inferiores siempre a 300 metros.

3.3.3. Generación del campo descriptivo

Una vez calificados los nodos por su asimilación con centros y núcleos, se procedió a preparar los distintos análisis a efectuar. Como se ha comentado, es necesario, para el cálculo de rutas óptimas, generar un campo en la tabla de atributos de los nodos, que indique la función del nodo en los recorridos. Esta función depende de si el nodo representa a un núcleo de población, a un centro sanitario, a las dos entidades o bien a ninguna, y del tipo de análisis a efectuar (serán distintas las funciones para el caso de toda Cataluña, para un solo Gobierno Territorial, para las distancias entre centros sanitarios, etc.). Para ello se preparó una batería de consultas SQL (Structured Query Language; Groff, 1998), y mediante procedimientos automatizados tipo BATCH (Microsoft Corporation, 2008) se generaron los campos necesarios para cada análisis, con las informaciones correspondientes sobre orígenes y destinos de rutas.

3.3.4. Cálculo de rutas óptimas

Después de todos los procesos preparatorios de los datos de entrada, se procedió a realizar los cálculos de las rutas óptimas mediante el módulo *Rutes*. De manera automatizada mediante procedimientos BATCH para cada análisis, se especificó el fichero de arcos con la red de carreteras, se indicó el campo descriptivo de la función de los nodos y el campo con las velocidades y se establecieron las tablas de salida.

Finalmente, las tablas resultado de este proceso fueron enlazadas con las capas originales para estudiar las relaciones entre orígenes y destinos de manera gráfica y real, prescindiendo de los nodos, así como para obtener información más elaborada, como mapas y tablas estadísticas, que se muestran en el siguiente apartado. Cabe destacar que, además de la cuantificación de distancias y tiempos mínimos, el análisis da como resultado datos cualitativos, ya que es posible saber, mediante el nodo final, no sólo la proximidad, sino cuál es el centro sanitario más cercano asignado en cada caso, lo cual supone una información de relevancia en la planificación sanitaria.

4. Descripción y análisis de resultados

El primer nivel de resultados corresponde a las estadísticas de las distancias y tiempos obtenidos para cada tipo de análisis efectuado. A partir de estos datos, se generaron tablas y gráficos más elaborados y comparativos, así como mapas de los resultados. Dentro de este apartado se ofrece

sólo una muestra de los resultados desarrollados, ya que el volumen y la significación de los datos generados exceden las dimensiones y el ámbito de interés de un artículo como éste, teniendo en cuenta los objetivos de carácter metodológico del mismo. La tipología de resultados generados depende del nivel territorial de análisis.

4.1. Análisis de accesibilidad global

En el estudio de todos los núcleos de población con todos los centros y servicios sanitarios a la vez, se desarrollaron tablas estadísticas, así como gráficos y mapas de intervalos e isocronas. En la [tabla 4](#) se ofrecen las medianas, medias aritméticas y medias aritméticas ponderadas por habitante del tiempo en minutos para los recorridos generales en toda Cataluña y para cada tipología de servicio sanitario, como ejemplo de tablas con datos estadísticos.

Otro tipo de resultados generados son los gráficos con estadísticas de número de núcleos y población para cada servicio sanitario analizado a nivel de toda Cataluña. En la [figura 6](#) se ofrece una reproducción para el caso del tiempo mínimo a los Centros de Día de Salud Mental. Estos gráficos ofrecen la cantidad de núcleos y de población para cada intervalo de tiempo y permiten visualizar fácilmente la variación del volumen de población a atender en función de la distancia a los centros en cuestión.

Estos intervalos de tiempo pueden representarse también geográficamente para cada núcleo de población, de manera que se obtiene un mapa de la distribución en el territorio de los distintos valores de accesibilidad. Un ejemplo de mapas desarrollados es el que muestra los núcleos simbolizados según los cinco intervalos de tiempo de acceso para un servicio determinado.

Otro tipo de mapas generados son los mapas de isocronas (Redondo, 2003; Redondo, 2005; Lovett, 2002; Escalona, 2003; Varela, 2004) a través de las vías de comunicación, que muestran de una manera muy visual la distribución de la accesibilidad sobre el territorio. Estos mapas se han obtenido mediante la interpolación por el inverso de la distancia (Burrough, 1998) de los valores de tiempo correspondientes a cada núcleo y posteriormente el cruce de la capa de vías de comunicación con el mapa interpolado. En la [figura 7](#) puede observarse el resultado para el caso de los Centros de Atención a los Drogodependientes.

A partir de estos resultados, también se analizó la situación correspondiente a cada Región Sanitaria, la división administrativa sanitaria de más extensión, resumiéndose mediante tablas estadísticas y gráficos. En la [figura 8](#) se ofrece un gráfico comparativo de la situación en las distintas Regiones Sanitarias para el caso de tiempo de desplazamiento a los hospitales de agudos.

4.2. Análisis de accesibilidad específica de los Gobiernos Territoriales y las Áreas Básicas de Salud

Para cada tipo de servicio sanitario se dispone de tablas con las estadísticas de núcleos y población por intervalos de tiempo y distancia dentro de las divisiones territoriales sanitarias correspondientes a los Gobiernos Territoriales de Salud y las Áreas Básicas de Salud. La [tabla 5](#) detalla los datos de distancia media y tiempo medio para un Gobierno Territorial concreto.

En los casos en que se disponía de datos para el interior de la propia división sanitaria, así como para el caso del análisis sin restricciones territoriales, se efectuaron comparaciones de las distancias y tiempos obtenidos para ambas situaciones, que permiten detectar las zonas con servicios más próximos en una división distinta a la suya, y estudiar, por tanto, la adecuación de los límites de las divisiones.

4.3. Análisis de accesibilidad entre centros sanitarios

Como se ha comentado, otro tipo de análisis efectuado fueron los análisis entre distintos equipamientos sanitarios; en concreto se contabilizaron distancias mínimas y tiempos mínimos entre consultorios locales y Centros de Atención Primaria, y entre los Centros de Atención Primaria y el resto de servicios sanitarios especializados. Estos análisis son de un interés muy específico en la gestión de los recursos sanitarios, por este motivo no se han generado resultados elaborados derivados de los simples valores de distancias y tiempos. Se ofrece, pues, como muestra, una consulta a uno de los centros de la base cartográfica correspondiente a los Centros de Atención Primaria, en la que se informa de los distintos servicios más cercanos al mismo, acompañados de los valores obtenidos en los cálculos de rutas para cada uno ([figura 9](#)).

5. Conclusiones

La estimación de la accesibilidad de los servicios públicos como medida de su adecuación a la distribución de la población a cubrir es posible mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica, y resulta útil en la planificación de dichos servicios. Proporciona un análisis cuantificado de su distribución territorial, que puede relacionarse con las características de la población atendida y facilitar la detección de puntos débiles en la oferta de servicios, así como detectar cambios demográficos y territoriales ocurridos y planear las acciones necesarias para adaptar los servicios.

En este sentido, la metodología desarrollada en este estudio ha posibilitado el análisis de la situación para el sistema sanitario público catalán, revelándose de utilidad en la obtención de parámetros cuantitativos para la evaluación, en este caso, de los servicios sanitarios catalanes. Sin embargo, es posible su aplicación a cualquier tipo de análisis análogo con una estructura similar de datos de partida, pudiéndose aplicar, por ejemplo, a otro tipo de servicios o de entidades. Es de destacar la capacidad de las aplicaciones y metodología desarrolladas para llevar a cabo análisis masivos, pudiendo conectar múltiples orígenes y destinos a la vez.

Los resultados obtenidos reflejan que en general la gran mayoría de núcleos y de población dispone de la mayoría de servicios sanitarios en distancias y tiempos aceptables e incluso muy aceptables. Este efecto es consecuencia del hecho que la mayor parte de la población de Cataluña reside en los principales núcleos urbanos de grandes dimensiones, que son los que principalmente acogen los servicios sanitarios. Por lo que refiere a las Regiones Sanitarias o a los Gobiernos Territoriales, existen diferencias destacadas entre algunas zonas, especialmente en el caso de algunos servicios (Salud Mental, por ejemplo). Estas diferencias se dan habitualmente siempre entre

las mismas zonas, que resultan ser las de acceso más difícil (montañosas) y también las menos pobladas.

Para realizar un estudio completo, sería útil disponer de información de todos los medios de desplazamiento de los usuarios, incluyendo el transporte público y los desplazamientos a pie, que proporcionarían resultados más fieles a la realidad. Mediante el acceso a información sobre líneas y frecuencias de paso de los distintos transportes públicos intraurbanos e interurbanos y el uso de callejeros completos y a escala detallada, podría llevarse a cabo un análisis más completo de la situación desde el punto de vista de todos los usuarios, con medios de acceso distintos a los servicios sanitarios públicos. También podría tenerse en cuenta la disponibilidad de transporte adaptado para personas con disminución de movilidad.

Asimismo, y para el caso del transporte privado por carretera, sería de utilidad, en un análisis futuro, obtener un grafo viario de mayor actualidad y con velocidades de circulación medidas en las propias carreteras, como mejor aproximación a los desplazamientos reales de los usuarios. Con esta información y el uso de los Sistemas de Información Geográfica pueden desarrollarse análisis interesantes y útiles en el campo de la planificación y gestión de servicios públicos.

Referencias bibliográficas

- Ajenjo Cosp, M. y Alberich González, J. (2003): "La utilització de la variable població en els indicadors d'accessibilitat. Avantatges i inconvenients", *Papers de Demografia*, 227.
- Bonham-Carter, G.F. (1994): *Geographic Information Systems for Geoscientists: modelling with GIS*. New York, Pergamon, 398 p.
- Bonmatí Anton, J.F. (1994): "Ordenación sanitaria en el medio rural de la provincia de Alicante", *Investigaciones Geográficas*, 12, pp. 255-270.
- Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (coordinadores) (2004): *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Madrid, RA-MA, 347 pp.
- Brabyn, L. y Skelly, C. (2001): "Geographical Access to Services, Health (GASH): modelling population access to New Zealand public hospitals", *SIRC 2001. The 13th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre*. Dunedin, New Zealand, University of Otago.
- Burrough, P.A. y McDonnell, R.A. (1998): *Principles of Geographic Information Systems*. Oxford, Oxford University Press.
- Comissió de Mobilitat del Pacte Industrial y MCRIT. (2003): *Transport públic i treball. Disponibilitat de transport públic col·lectiu interurbà als polígons industrials de la Regió Metropolitana de Barcelona*. Barcelona, Beta Editorial, 95 p.
- Departament de Política Territorial i Obres Públiques (2007): *Estadístiques de síntesi. Xarxa viària per tipus de via*. Barcelona, Generalitat de Catalunya. [Consulta: 13.03.2009]. Disponible en http://www10.gencat.net/ptop/binaris/51_tcm32-46175.pdf.
- Departament de Salut. Generalitat de Catalunya (2008): *Els serveis per a la salut: mirant cap al futur. Mapa sanitari, sociosanitari i de salut pública*. Barcelona, Generalitat de Catalunya. [Consulta: 13.03.2009]. Disponible en <http://www.gencat.cat/salut/depsalut/html/ca/dir488/>.

Prat, E., Pesquer, Ll., Olivet, M., Aloy, J., Fuste, J. y Pons, X. (2009): "Metodología para el análisis de accesibilidad a los recursos sanitarios: el caso de Cataluña", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 250-269. ISSN: 1578-5157

Departament de Salut. Generalitat de Catalunya (2008): *Ordenació territorial en Àrees Bàsiques de Salut*. Barcelona, Generalitat de Catalunya. [Consulta: 13.03.2009]. Disponible en <http://www.gencat.cat/salut/depsalut/html/ca/dir2385/msabs.pdf>.

Escalona Orcao, A.I. y Díez Cornago, C. (2003): *Accesibilidad geográfica de la población rural a los servicios básicos de salud: estudio en la provincia de Teruel*. Zaragoza, Universidad de Zaragoza, 23 p.

Franch Gutiérrez, X. (1995): *Estructures de dades. Especificació, disseny i implementació*. Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya, 419 p.

Goodman, D.C., Fisher, E., Stukel, T. y Chang, Ch. (1997): "The distance to community medical care and the likelihood of hospitalisation: is closer always better?", *American Journal of Public Health*, 87, pp. 1144-1150.

Groff, J.R. y Weinberg, P.N. (1998): *Guía Lan Times de SQL*. Madrid, Osborne McGraw-Hill, 631 p.

Gutiérrez Puebla, J. y García Palomares, J.C. (2002): "Accesibilidad peatonal a la red sanitaria de asistencia primaria en Madrid", *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, vol. extraordinario, pp. 269-280.

Idescat (2006): *Banc d'estadístiques de municipis i comarques. Indicadors demogràfics*. Barcelona, Generalitat de Catalunya. [Consulta: 13.03.2009]. Disponible en <http://www.idescat.net/>.

Jordan, H., Roderick, P., Martin, D. y Barnett, S. (2004): "Distance, rurality and the need for care: access to health services in South West England", *International Journal of Health Geographics*, 3, 21, pp. 1-9.

Kalogirou, S. y Mostratos, N. (2004): "Geographical access to health: modelling population access to Greek public hospitals", *7th Panhellenic Geographical Conference of the Hellenic Geographical Society. Physical Geography and the Environment-Sustainable Development and Planning*. HGS, Mytilene, Greece.

Kwan, M., Murray, A.T., O'Kelly, M.E. y Tiefelsdorf, M. (2003): "Recent advances in accessibility research: representation, methodology and applications", *Journal of Geographical Systems*, 5, pp. 129-138.

Kwan, M., Janelle, D.G. y Goodchild, M.F. (2003): "Accessibility in space and time: a theme in spatially integrated social science", *Journal of Geographical Systems*, 5, pp. 1-3.

Laurini, R. y Thompson, D. (1992): *Fundamentals of Spatial Information Systems*. London, Academic Press, 680 p.

Lovett, A., Haynes, R., Sunnenberg, G. y Gale, S. (2002): "Car travel time and accessibility by bus to general practitioner services: a study using patient registers and GIS", *Social Science & Medicine*, 55, 1, pp. 97-111.

Messina, J.P., Shortridge, A.M., Groop, R.E., Varnakovida, P. y Finn, M.J. (2006): "Evaluating Michigan's community hospital access: spatial methods for decision support", *International Journal of Health Geographics*, 5, 42, 18 p.

Microsoft Corporation (2008): *Using BATCH files*. [Consulta: 13.03.2009]. Disponible en <http://technet.microsoft.com/en-us/library/bb490869.aspx>.

Moreno Jiménez, A. (1995): "Planificación y gestión de servicios a la población desde la perspectiva territorial: algunas propuestas metodológicas", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 20, pp. 115-134.

Moreno Jiménez, A. (1996): "Localización de la población y servicios de farmacia", en Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid (Ed.): *Población y espacio en la Comunidad de Madrid. Análisis y aplicaciones a nivel microgeográfico*. Madrid, pp. 135-161.

Prat, E., Pesquer, Ll., Olivet, M., Aloy, J., Fuste, J. y Pons, X. (2009): "Metodología para el análisis de accesibilidad a los recursos sanitarios: el caso de Cataluña", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 250-269. ISSN: 1578-5157

Ohta, K., Kobashi, G., Takano, S., Kagaya, S., Yamada, H., Minakami, H. y Yamamura, E. (2007): "Analysis of the geographical accessibility of neurosurgical emergency hospitals in Sapporo city using GIS and AHP", *International Journal of Geographical Information Science*, 21, 6, pp. 687-698.

O'Sullivan, D. y Unwin, D. (2003): *Geographic Information Analysis*. Hoboken (New Jersey), John Wiley & Sons, 436 p.

Pearce, J., Witten, K. y Bartie, P. (2006): "Neighbourhoods and health: a GIS approach to measuring community resource accessibility", *J.Epidemiol.Community Health*, 60, 5, pp. 389-395.

Pons, X. (2008): *MiraMon. Sistema de Información Geográfica y software de Teledetección*. Bellaterra, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREAF. [Consulta: 13.03.2009]. Disponible en <http://www.creaf.uab.cat/MiraMon>.

Ramírez, M.L., Bosque Sendra, J. (2001): "Localización de hospitales: analogías y diferencias del uso del modelo P-mediano en SIG raster y vectorial", *Anales de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid*, 21, pp. 53-79.

Ramírez, M.L. (2003): "Cálculo de medidas de accesibilidad geográfica, temporal y económica generadas mediante sistemas de información geográfica", *Primer Congreso de la Ciencia Cartográfica y VIII Semana Nacional de Cartografía*. Buenos Aires.

Redondo, J.C. (2003): "Estudio de accesibilidad y cobertura de la red de asistencia sanitaria de la Comunidad de Madrid", *GeoSanidad* (Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid), 10, pp. 1-8.

Redondo, J.C. (2005): "Estudio de accesibilidad y cobertura de la red de transporte público y asistencia sanitaria de la Comunidad de Madrid. II. Accesibilidad a los centros de atención especializada", *GeoSanidad* (Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid), 15, pp. 1-8.

Rosero-Bixby, L. (2004): "Spatial access to health care in Costa Rica and its equity: a GIS-based study", *Social Science & Medicine*, 58, pp. 1271-1284.

Salado García, M.J., Díaz Muñoz, M.A., Bosque Sendra, J., Carvalho Cantergiani, C., Rojas Quezada, C., Jiménez Gigante, F.J., Barnett, I., Fernández, C. y Muñoz Rueda, C. (2006): "Movilidad sostenible y SIG. Propuesta de evaluación del transporte público en Alcalá de Henares", *El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas. Actas del XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*. Granada, Editorial Universidad de Granada, pp. 1777-1794.

Santos Preciado, J.M. y Cocero Matesanz, D. (2006): *Los SIG raster en el campo medioambiental y territorial. Ejercicios prácticos con IDRISI y MiraMon*. Madrid, Universidad Nacional de Educación a Distancia, 430 p.

Spaulding, B.D. y Cromley, R.G. (2007): "Integrating the maximum capture problem into a GIS framework", *Journal of Geographical Systems*, 9, pp. 267-288.

Thill, J.C. y Kim, M. (2005): "Trip making, induced travel demand, and accessibility", *Journal of Geographical Systems*, 7, pp. 229-248.

Varela García, F.A. (2004): "Experiencias sobre los cálculos de accesibilidad mediante SIG", en Conesa García, C., Álvarez Rogel, Y. y Granell Pérez, C.: *El empleo de los SIG y la teledetección en planificación territorial*. Murcia, Universidad de Murcia.

Varela García, F. A., Varela García, J. I. y Martínez Crespo, G. (2006): "Aplicación de los SIG y servidores de mapas en el análisis de la accesibilidad territorial en áreas metropolitanas. Experiencia en los campus de la Universidad de A Coruña", en: *El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas. Actas del XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*. Granada, Editorial Universidad de Granada, pp. 1821-1831.

TABLAS

Tabla 1. Resumen de los distintos niveles de análisis efectuados y de las tipologías de servicios incluidas en cada uno.

Nivel	General	Gobiernos Territoriales de Salud	Áreas Básicas de Salud	Centros de Atención Primaria	Consultorios locales
Red de atención primaria (2 tipos de centros)	✓		✓		✓ (sólo a Centros de Atención Primaria)
Red hospitalaria de utilización pública (1 tipo de centro)	✓	✓		✓	
Salud mental y adicciones (7 tipos de centros)	✓	✓		✓	
Sociosanitario (3 tipos de centros)	✓	✓		✓	

Tabla 2. Distribución estadística por tipo de vía de los valores del campo de velocidad (km/h) en el grafo viario de carreteras proporcionado por el Departamento de Política Territorial y Obras Públicas.

Autopista	Moda: 120.0	Vía preferente 1 calzada	Moda: 90.0
	Media: 112.3		Media: 99.2
Carretera 2 calzadas	Moda: 95.0	Vía preferente 2 calzadas	Moda: 120.0
	Media: 94.5		Media: 103.0
Carretera	Moda: 50.0	Carretera (en ciudad)	Moda: 15.0
	Media: 45.0		Media: 23.9

Tabla 3. Correspondencia entre los tipos de vía del Mapa Topográfico 1:50000 y las categorías del grafo de carreteras del DPTOP y velocidades asociadas (km/h).

Categoría Mapa Topográfico	Categoría Grafo Viario	Velocidad asignada
Autopistas	Autopista	110
Vías Preferentes 1 calzada	Vía Preferente 1 calzada	100
Vías Preferentes 2 calzadas	Vía Preferente 2 calzadas	100
Vías Convencionales 1 calzada	Carretera	45
Vías Convencionales 2 calzadas	Carretera 2 calzadas	95
Vías Urbanas	Carretera (en ciudad)	25
Caminos	-	20

Tabla 4. Medianas, medias aritméticas y medias aritméticas ponderadas por habitante del factor tiempo en minutos en el nivel de análisis general para cada tipología de servicios.

	Mediana	Media aritmética	Media aritmética ponderada por habitante
Centros de Atención Primaria	7.41	9.32	1.18
Centros de Atención Primaria y Consultorios locales	2.58	3.85	0.42
Hospitalización de Agudos	15.28	18.64	5.41
Centros de Salud Mental de Adultos	14.31	17.06	4.22
Centros de Salud Mental Infantil y Juvenil	14.64	17.56	4.99
Centros de Día de Salud Mental	16.40	23.26	5.37
Hospitales de Día de Salud Mental	22.40	32.58	8.98
Centros de Atención al Drogodependiente	16.24	18.70	5.34
Centros de Internamiento de Agudos de Salud Mental	26.34	36.02	10.80
Centros de Media y Larga Estancia de Salud Mental	29.60	35.57	14.27
Hospitales de Día Sociosanitarios	14.74	21.97	5.32
Centros Hospitalarios Sociosanitarios de Media Estancia y Convalecencia	14.91	19.15	5.32
Centros de Hospitalización Sociosanitarios de Larga Estancia	13.87	18.52	4.93

Tabla 5. Distancias medias y tiempos medios a los distintos servicios sanitarios para el Gobierno Territorial Baix Camp.

GOBIERNO TERRITORIAL BAIX CAMP	Distancia media (km)	Tiempo medio (minutos)
Hospitalización de Agudos	14.53	13.28
Centros de Salud Mental de Adultos	15.00	13.38
Centros de Salud Mental Infantil y Juvenil	15.00	13.38
Centros de Día de Salud Mental	15.10	13.00
Hospitales de Día de Salud Mental	15.10	13.00
Centros de Atención al Drogodependiente	14.59	12.84
Centros de Internamiento de Agudos de Salud Mental	15.10	13.06
Centros de Media y Larga Estancia de Salud Mental	14.89	12.08
Hospitales de Día Sociosanitarios	14.29	11.65
Centros Hospitalarios Sociosanitarios de Media Estancia y Convalecencia	14.51	13.05
Centros de Hospitalización Sociosanitarios de Larga Estancia	14.45	11.84

Prat, E., Pesquer, Ll., Olivet, M., Aloy, J., Fuste, J. y Pons, X. (2009): "Metodología para el análisis de accesibilidad a los recursos sanitarios: el caso de Cataluña", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 250-269. ISSN: 1578-5157

FIGURAS

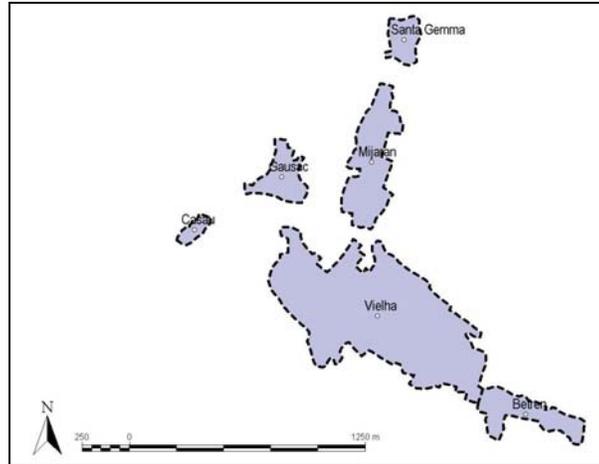


Figura 1. Ejemplo de la base cartográfica de núcleos de población, en sus formatos de puntos, líneas y polígonos.
Elaboración propia.

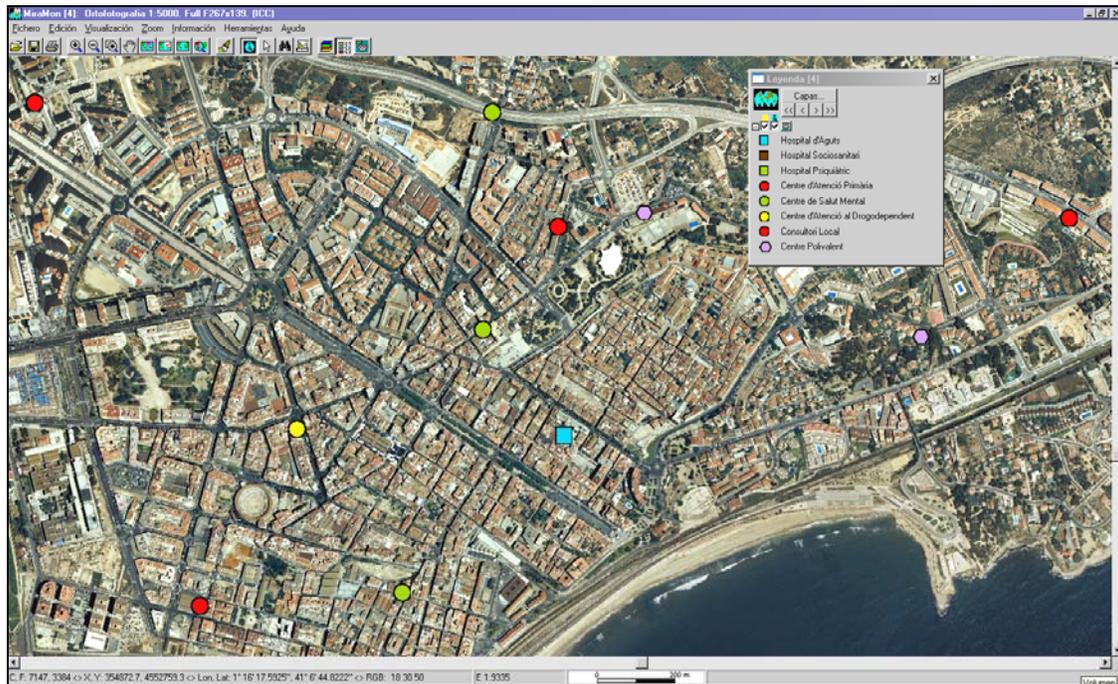


Figura 2. Muestra de la base cartográfica de centros sanitarios.
Elaboración propia.

Prat, E., Pesquer, Ll., Olivet, M., Aloy, J., Fuste, J. y Pons, X. (2009): "Metodología para el análisis de accesibilidad a los recursos sanitarios: el caso de Cataluña", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 250-269. ISSN: 1578-5157

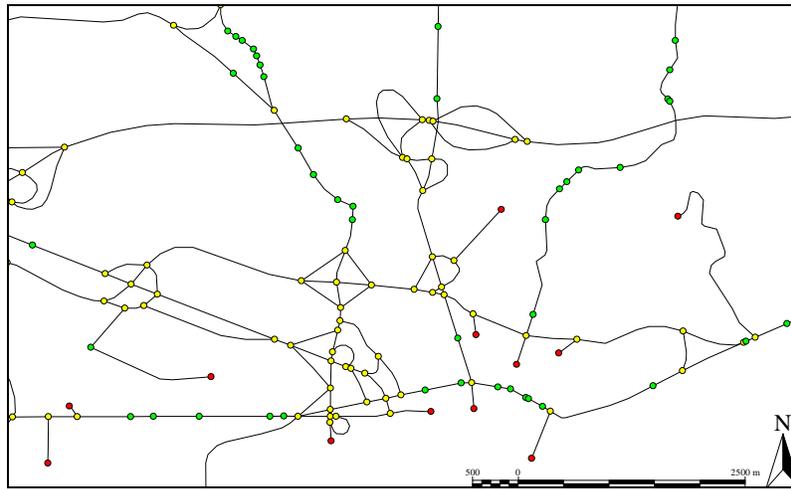


Figura 3. Muestra de la base cartográfica de vías de comunicación.
Elaboración propia.

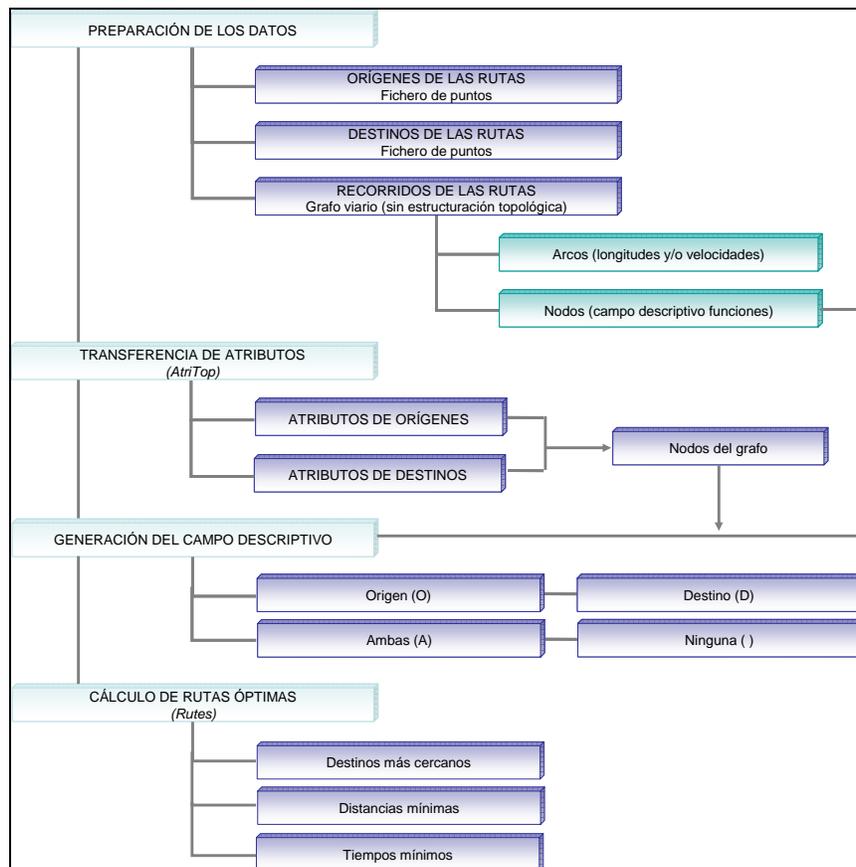


Figura 4. Diagrama mostrando la metodología utilizada en el estudio.
Elaboración propia.

Prat, E., Pesquer, Ll., Olivet, M., Aloy, J., Fuste, J. y Pons, X. (2009): "Metodología para el análisis de accesibilidad a los recursos sanitarios: el caso de Cataluña", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 250-269. ISSN: 1578-5157

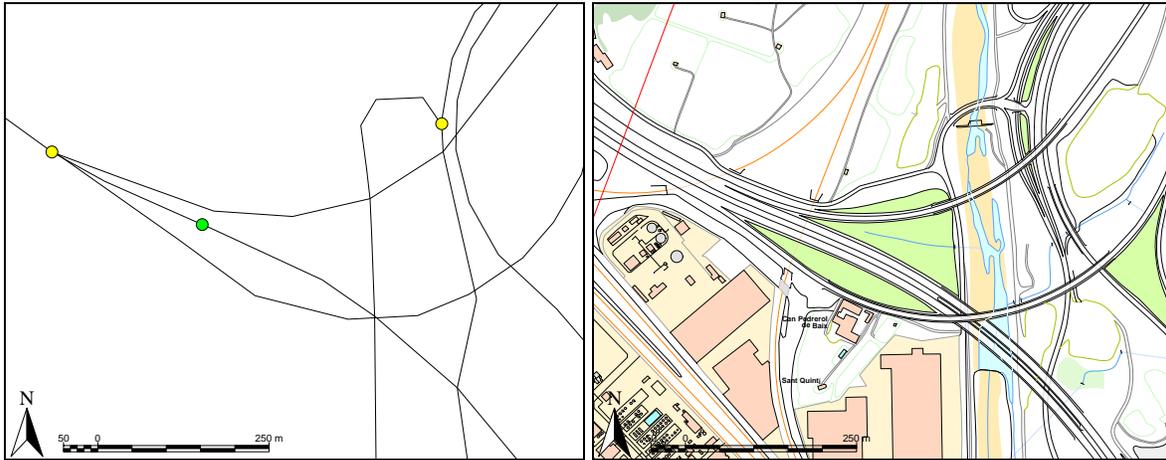


Figura 5. Grafo de carreteras con sus arcos y nodos y Mapa Topográfico 1:5000 de la misma zona.

Elaboración propia.

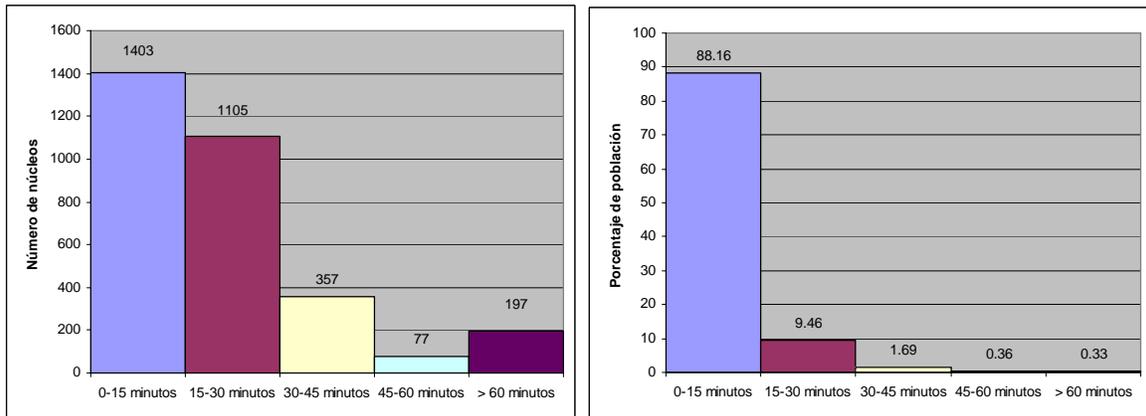


Figura 6. Reproducción de gráficos estadísticos para el caso general de Cataluña. Distribución del número de núcleos y el total de población en intervalos de tiempo mínimo a los Centros de Día de Salud Mental.

Elaboración propia.

Prat, E., Pesquer, Ll., Olivet, M., Aloy, J., Fuste, J. y Pons, X. (2009): "Metodología para el análisis de accesibilidad a los recursos sanitarios: el caso de Cataluña", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 250-269. ISSN: 1578-5157

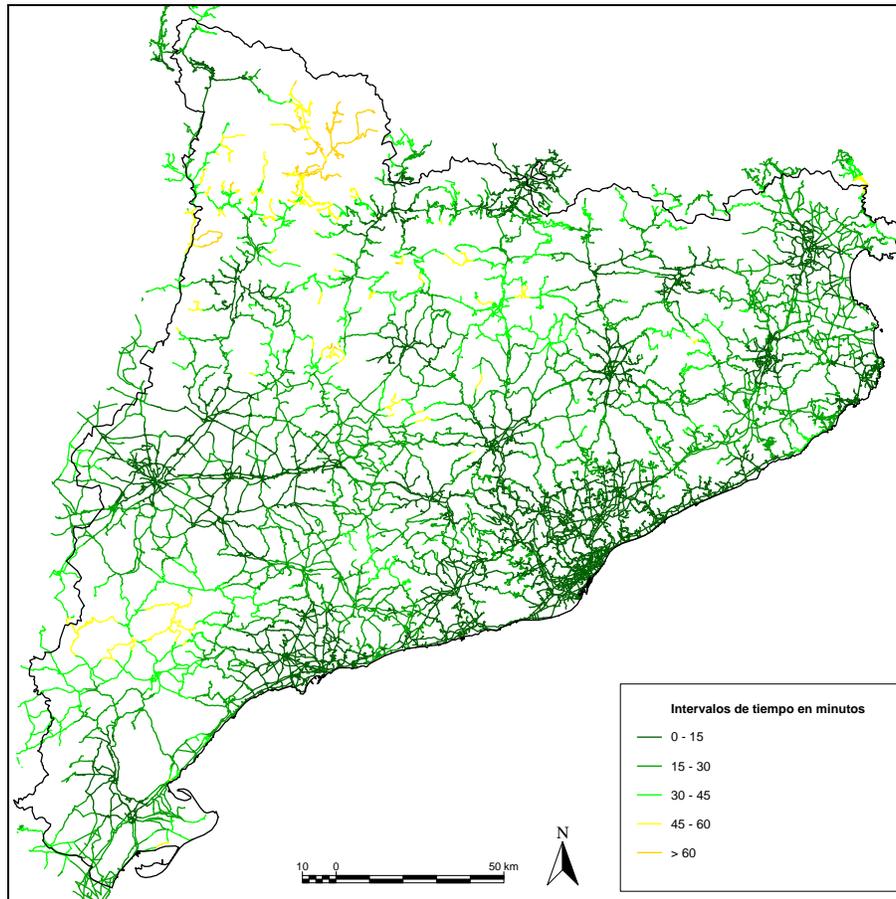


Figura 7. Mapa de isocronas viarias en minutos a los Centros de Atención a los Drogodependientes.
Elaboración propia.

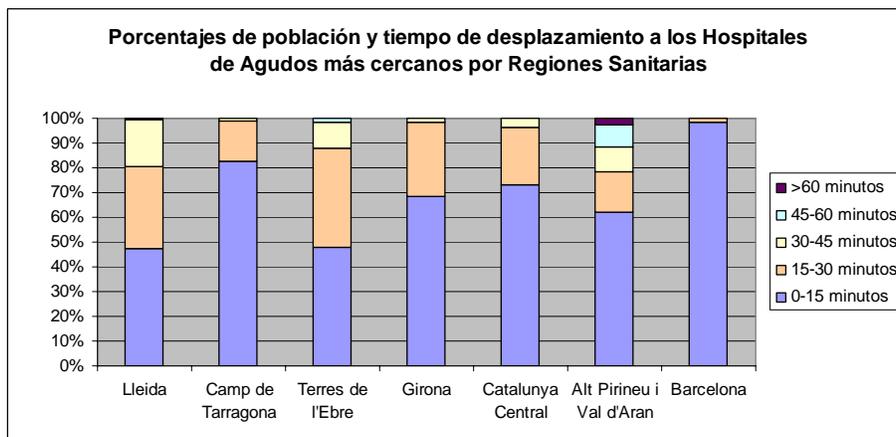


Figura 8. Gráfico resumen de la situación en las distintas Regiones Sanitarias.
Elaboración propia.

Prat, E., Pesquer, Ll., Olivet, M., Aloy, J., Fuste, J. y Pons, X. (2009): "Metodología para el análisis de accesibilidad a los recursos sanitarios: el caso de Cataluña", *GeoFocus (Artículos)*, nº 9, p. 250-269. ISSN: 1578-5157

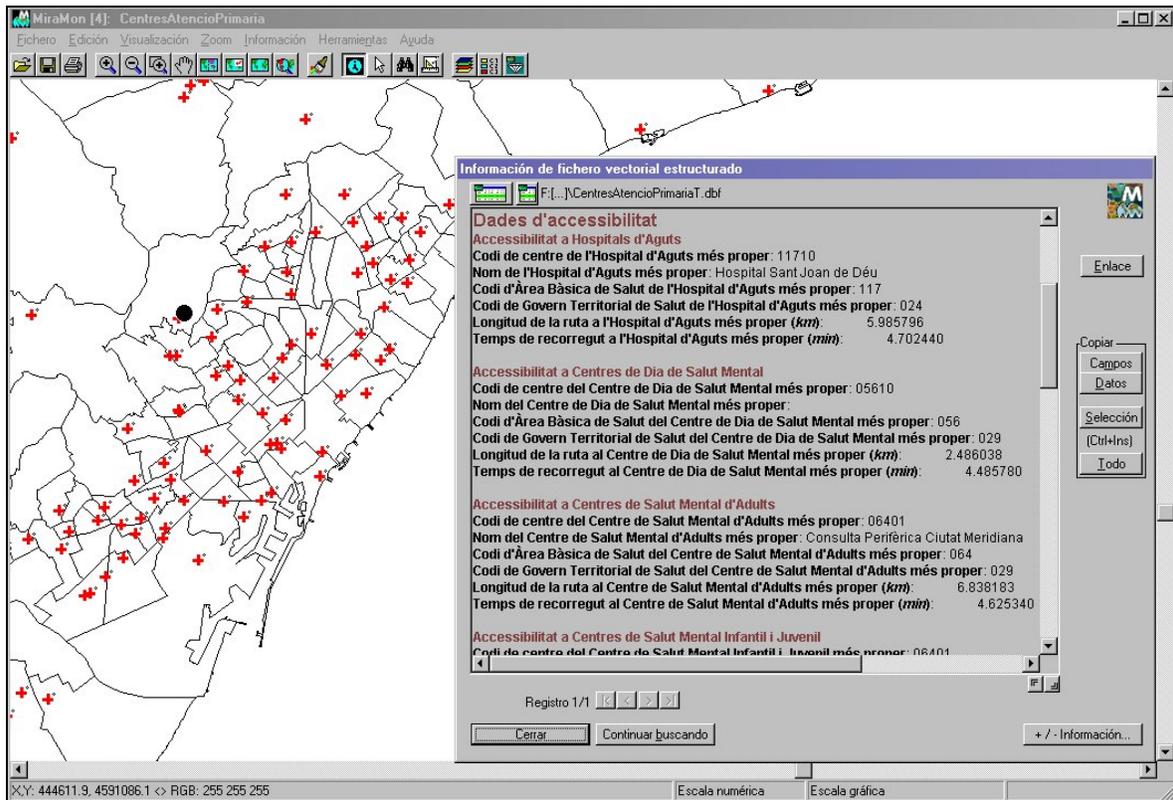


Figura 9. Ejemplo de consulta sobre uno de los Centros de Atención Primaria, mostrando la información asociada correspondiente a los análisis de rutas.

Elaboración propia.