

MEDICIÓN DE LA ACCESIBILIDAD GEOGRÁFICA DE LA POBLACIÓN A LOS HOSPITALES DE ALTA RESOLUCIÓN DE ANDALUCÍA MEDIANTE HERRAMIENTAS SIG BASADAS EN EL ANÁLISIS DE REDES

VIRGINIA RODRÍGUEZ DÍAZ¹

Universidad Pablo de Olavide

Ctra. Utrera, Km. 1, 41013 Sevilla, España

¹ yroddia@upo.es

RESUMEN

La Administración Sanitaria Andaluza, como organismo competente en garantizar prestaciones sanitarias públicas accesibles al conjunto de la población, puso en marcha en el año 2004 un proceso de planificación de centros asistenciales basados en un nuevo concepto de hospital denominado *Hospital de Alta Resolución*.

Entre los objetivos a alcanzar con la proyección de la red de *Hospitales de Alta Resolución* se encuentra el acceso equitativo de la población a las prestaciones de asistencia especializada, por lo que la accesibilidad geográfica se convierte en un concepto clave tanto en el propio proceso de planificación sanitaria como en la cuantificación de la mejora en el acceso. Es por ello necesario el diseño de una metodología que permita la medición de la accesibilidad de la población a los nuevos centros proyectados.

En este contexto, el artículo presenta una metodología de cálculo de la accesibilidad geográfica de la población a la red de *Hospitales de Alta Resolución*, a través de aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG) basadas en el análisis de redes, que se ajustan a la resolución de problemas como el cálculo de la ruta más rápida entre dos puntos, determinar el área de servicio de un punto dado, definir rutas entre varios nodos para alcanzar un destino, etc.

Palabras clave: planificación sanitaria, servicios sanitarios, accesibilidad geográfica, análisis de redes, aplicaciones SIG.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

ASSESSING THE GEOGRAPHICAL ACCESSIBILITY OF ANDALUSIAN HIGH-RESOLUTION HOSPITALS THROUGH GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS)

ABSTRACT

The Andalusian Health Administration, the competent body for providing accessible universal public health services, undertook in 2004 a general plan to set up new healthcare centres following a whole new concept of hospital known as *Hospital de Alta Resolución* (High-Resolution Hospital).

One of the aims to be achieved with the *Hospitales de Alta Resolución* network project is to grant universal access to specialized medical care services. Thus, geographical accessibility becomes a key concept both for the health planning process itself and for the evaluation of improved access. Therefore, it is necessary to design an efficient method to measure the accessibility of the projected new healthcare centres to the general public.

It is in this context that the paper presents a method to evaluate the geographical accessibility to the *Hospitales de Alta Resolución* network. The method consists in the implementation of Geographical Information Systems (GIS) applications based on network analysis in order to solve problems such as the estimation of the fastest route possible between 2 points, the assessment of the service area at a given point, and the calculation of routes connecting several nodes to reach a particular destination.

Keywords: health planning, health services, geographical accessibility, network analysis, GIS applications.

1. Introducción

El presente artículo surge como reflexión sobre los aspectos territoriales de la ordenación y el desarrollo de los servicios públicos sanitarios en la Comunidad Autónoma Andaluza, contribuyendo así al debate sobre la situación de la ordenación territorial de los recursos en salud.

La atención sobre la ordenación, desarrollo y generalización de los equipamientos públicos sanitarios se basa en la consideración del derecho a la salud como parte integral de la protección de los derechos humanos, siendo necesario, en el seno de una sociedad contemporánea, desarrollar políticas para asegurar un medio social cohesionado y democrático. De esta forma, el acceso a los servicios sanitarios se convierte en una cuestión de justicia social, de equidad (Olivet *et al.*, 2008:16). Nos interesan los equipamientos públicos por su contribución al estado del bienestar, ya que suponen una vía de redistribución social y espacial de las rentas públicas y se constituyen como instrumentos de las políticas de desarrollo territorial.

En esta línea, garantizar el acceso equitativo de la población a las prestaciones, tanto de atención primaria como especializada, en un sistema sanitario implica una distribución, a su vez equitativa, de los centros que prestan asistencia sanitaria, concepto restringido a la organización y

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

provisión de servicios sanitarios que depende, en gran medida, de la especialización que éstos presenten.

Tal y como expresan Escalona y Díez (2003:115), la distribución espacial de los centros asistenciales dependerá de la relación entre el rango del servicio que ofrecen (función de su complejidad y especialización) y su localización. Es decir, la ubicación de los centros asistenciales ha de realizarse acorde al principio de eficiencia económico-espacial (Redondo, 2005:1), siendo necesario en los procesos de planificación atender tanto la racionalidad económica, como la necesidad de dotar de calidad a la asistencia sanitaria. A modo de ejemplo, un servicio específico como la Cirugía Oral y Maxilofacial no puede garantizarse sin un mínimo de pacientes al año, de forma que sólo se implementa en los hospitales de referencia a nivel provincial.

La consecución de una red asistencial territorialmente equilibrada es, por tanto, un objetivo clave en las estrategias que han regido los procesos de formulación de políticas sanitarias andaluzas en relación a la dotación y a la cobertura de los servicios asistenciales, una vez adquiridas las competencias en materia de sanidad (tal como se recoge en el Estatuto de Autonomía de Andalucía de 1981).

Si nos detenemos en la evolución de la red de hospitales públicos en el marco del Sistema Sanitario Público de Andalucía (SSPA), ésta presenta dos hitos fundamentales en su redistribución territorial. De un lado, la incorporación de los hospitales comarcales que comienza en el año 1984 con la apertura del hospital de Riotinto, en la provincia de Huelva, y finaliza en el 2004 con la incorporación del hospital de Montilla, en la provincia de Córdoba. De otro, la planificación de los *Hospitales de Alta Resolución*, cuyo punto de partida es la formulación del Libro Blanco de la Atención Especializada en Andalucía (Consejería de Salud, 2004a).

Los *Hospitales de Alta Resolución* suponen un nuevo concepto de hospital, enfocado a la rápida resolución diagnóstica y terapéutica de los procesos más frecuentes entre los ciudadanos que constituyen su ámbito de influencia o área de adscripción. Ello implica, desde una perspectiva territorial, un cambio en el patrón de localización de los hospitales andaluces, permitiendo un impulso al proceso de descentralización comenzado ya con la incorporación de los hospitales comarcales.

Este nuevo modelo de hospital se basa principalmente en dos aspectos:

- Modernas formas de organización y gestión centradas en la cooperación asistencial entre atención especializada y primaria; la potenciación de la alta resolución, mediante consultas de acto único que contemplen el diagnóstico, las exploraciones y el tratamiento en un mismo acto asistencial; el diseño de alternativas a la hospitalización tradicional (unidades de hospital de día, cirugía mayor ambulatoria) y la implantación de nuevas tecnologías, como es el caso de la telemedicina, facilitando la atención al paciente sin tener que ser necesariamente trasladados a centros de mayor especialización. Las características descritas tienen una implicación directa en la reducción del número de camas, así como en los tiempos de hospitalización.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

- Un esquema común de cartera de servicios¹, equiparable a un nivel asistencial propio de un hospital comarcal pero con una capacidad de adaptación que adecua la atención a los procesos más frecuentes de la población en un área asistencial definida. De esta forma, es posible que un *Hospital de Alta Resolución* no presente una cartera de servicios básica completa. Ejemplo de ello es el caso del *Hospital de Alta Resolución Sierra de Segura*, que no cuenta con asistencia a partos debido a la baja frecuentación en dicha especialidad para la población adscrita. Esta organización asistencial es posible ya que la definición de la movilidad del usuario hacia este tipo de hospital se determinará sin perjuicio de la pertenencia geográfica de cada municipio a sus actuales hospitales de referencia, a los que seguirá acudiendo en caso de patologías que requieren un mayor nivel de especialización.

Por tanto, los *Hospitales de Alta Resolución* presentan unas características asistenciales y arquitectónicas (con dimensiones más reducidas respecto a los hospitales de los grandes núcleos de población) que permiten nuevas tendencias en la ubicación de los hospitales públicos, constatadas desde dos perspectivas:

- La localización de hospitales en ámbitos rurales con un carácter marcadamente montañoso, que explican una accesibilidad reducida, la baja densidad poblacional y un alto índice de envejecimiento.
- La localización de nuevos hospitales en aquellas áreas en las que, a pesar de que existe una red de recursos más o menos densa, el ritmo de crecimiento demográfico supone un desequilibrio entre oferta y demanda. No se trata, por tanto, de una localización basada en la mejora de accesibilidad geográfica a la asistencia especializada, pero sí permite reducir los problemas de listas de espera en los hospitales de las aglomeraciones urbanas.

Es evidente la capacidad de adaptación los nuevos hospitales al ámbito territorial en el que se ubican, lo que facilita la consecución de uno de los objetivos claves de su planificación: la mejora en el acceso equitativo de la población a las prestaciones de asistencia especializada. De esta forma, la accesibilidad geográfica se convierte en un elemento fundamental, tanto en el propio proceso de planificación y ordenación sanitaria como en la cuantificación de dicha mejora, ya que facilita el análisis de la movilidad y los niveles de accesibilidad de la población a los centros hospitalarios (Redondo, 2003:1).

Por otro lado, la eficiencia de un servicio se refleja en el grado de satisfacción de la demanda que puede ser medida, entre otras variables o criterios, por el tiempo o recorrido necesario para acceder al servicio en cuestión (Zoido, 2001:197).

Sin embargo, no debemos obviar que existe un marcado factor político que ha determinado, en el pasado y en la actualidad, la elección de ubicación de un nuevo centro hospitalario al margen de criterios asistenciales o funcionales. Claro ejemplo de ello lo constituye el hospital de Riotinto, cuya localización se debió más a cuestiones económicas y sociales (crisis del sector minero) que meramente asistenciales.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

Siendo conscientes de la complejidad de factores que intervienen en los procesos de toma de decisiones objeto de nuestro análisis, el artículo plantea un método de medición de la accesibilidad geográfica de la población a los centros hospitalarios proyectados. Es en este aspecto metodológico en el que se incorporan las potencialidades analíticas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como herramientas de apoyo en los procesos de toma de decisiones con una clara componente territorial. En esta línea, Moreno defiende la aplicación "inteligente" de tecnología SIG y ciertas técnicas de análisis espacial en la planificación de servicios colectivos (Moreno, 2008).

Los resultados esperados en la aplicación de herramientas SIG basadas en el análisis de redes permiten cuantificar el acceso de la población a los *Hospitales de Alta Resolución* mediante el cálculo de indicadores de accesibilidad geográfica: tiempos de acceso para el ámbito municipal, tiempo medio de acceso por ámbito hospitalario e isócronas. El cálculo de dichos indicadores, con anterioridad y posterioridad a la incorporación de los *Hospitales de Alta Resolución* a la red de centros del SSPA, facilita el diagnóstico de la mejora de la equidad en el acceso de la población a la asistencia especializada.

Conforme al objetivo marcado, el artículo se estructura en un primer apartado (apartado 2) que muestra una revisión de los fundamentos teóricos sobre los que se basa la metodología diseñada. A continuación, se describe el modelo conceptual de accesibilidad geográfica que se ajusta a la asistencia especializada, así como su formulación matemática (apartado 3). La aplicación de la metodología al caso de estudio de los *Hospitales de Alta Resolución* permite calcular una serie de indicadores que cuantifican la accesibilidad geográfica de la población a los nuevos hospitales (apartado 4). La comparativa de los resultados calculados en dos momentos temporales, con anterioridad y posterioridad a la incorporación de los *Hospitales de Alta Resolución*, sirve como reflexión sobre la utilidad de la metodología aplicada (apartado 5). Por último, el artículo se cierra con unas conclusiones sobre los resultados obtenidos para el ámbito de estudio (apartado 6).

2. Estado de la cuestión

En la búsqueda de un marco teórico, nos centramos en criterios estrictamente técnicos basados en la medición de la distancia y los costes de desplazamientos entre nodos de demanda (población usuaria del SSPA) y nodos de oferta (centros hospitalarios). Para ello, tomamos como referencia medidas de accesibilidad y de identificación de áreas de influencia basadas en la disponibilidad de equipamientos. Es decir, índices y medidas que permiten la medición del alcance espacial de los centros asistenciales mediante la distancia euclidiana, distancia a través de una red de calles o carreteras, en término de costes económicos o tiempos invertidos en el desplazamiento (diferentes según el modo de transporte elegido) e, incluso, mediante distancias percibidas. Es en este tipo de enfoque para la resolución de problemas de localización espacial en el que se toman como indicadores de accesibilidad el número de equipamientos existentes dentro de un alcance espacial dado, la capacidad de los mismos, la población servida o no servida dentro de un radio de influencia determinado, la eficacia y/o la justicia espacial dentro de cada zona de servicio, la distancia total recorrida por la población demandante para utilizar el centro más cercano, la distancia máxima/mínima desde algún punto de demanda al punto de oferta más cercano, etc. (Arentze *et al.*, 1992; Handy y Niemeier, 1997, cit. en Bosque y Moreno, 2004).

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

Nos interesan las técnicas de resolución de problemas de localización espacial que permiten la evaluación de la accesibilidad y niveles de dotación colectivos. Son precisamente herramientas como los SIG las que han permitido incorporar modelos de optimización espacial en sus modelos conceptuales de cálculo, tanto en la búsqueda de la mejor localización para un nuevo establecimiento (modelos gravitatorios) como aquellos modelos que incorporan a la localización óptima la identificación de áreas de servicios a los centros de servicios (modelos de localización- asignación) (Bosque y Moreno, 2004).

Dichas aplicaciones SIG se basan tanto en un formato vectorial, con el cálculo de distancias euclidianas o a través de una red, como en un formato raster, con el cálculo de distancias en línea recta, Manhattan o de superficies de coste. Ante la elección de un tipo de formato determinado se opta por el formato vectorial, coincidiendo con lo expresado por Barrientos (2007): "*la medición de accesibilidad mediante Sistema de Información Geográfica vectorial, concretamente mediante análisis de redes de transporte se ajusta más a la resolución de problemas como el cálculo de rutas más corta o rápida entre dos puntos, determinar un área de servicios de un punto dado, definir rutas entre varias paradas para alcanzar un destino, etc.*".

En los modelos vectoriales de análisis de redes, la accesibilidad se asocia a una distancia por red, identificando la realidad a partir de la abstracción en tres elementos básicos: nodos, arcos y superficies. De esta forma, una red se compone de elementos puntuales (nodos) y lineales (arcos), pudiendo establecer un coste o impedancia que mide la dificultad del desplazamiento desde un origen a un destino en diferentes unidades: metros de recorrido, tiempo de recorrido, costes monetarios, valores percibidos por los usuarios, etc. (Bosque y Moreno, 2004). Dichos parámetros de fricción se emplean para definir impedancias de arcos (distancias, tiempo) o de arcos y nodos (giros y jerarquías de redes). Entre las unidades de medida se elige la distancia en tiempo, considerando que, respecto a la distancia, "*se acerca más al comportamiento real de los individuos -para ir de un lugar a otro no se busca el camino más corto, sino el más rápido-*" (Alberich y Ajenjo, 2005:467).

El objetivo final es calcular la trayectoria de menor coste o dificultad entre los nodos de oferta y los nodos de demanda mediante algoritmos implementados en el análisis de redes:

- **Cálculos de caminos mínimos** o *best route*, es decir, la ruta más adecuada, ya sea entre un nodo de origen y un nodo de destino o mediante la optimización de rutas para establecer circuitos entre varios nodos.
- **Cálculo de los destinos próximos** o *closest facility*, ya sea desde un punto de origen a varios destinos o desde varios orígenes a varios destinos (asignaciones oferta/demanda).
- **Definición de áreas de servicio** o *service area*, basadas en tiempos de viaje.
- **Cálculo de la Matriz Origen-Destino** o *OD Cost Matrix* entre todos los orígenes y destinos posibles.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

Si bien las aplicaciones descritas han sido ampliamente desarrolladas en modelos de localización óptima de equipamientos colectivos, en gestión de infraestructuras, en problemas de *Geomarketing* e incluso en modelos demográficos, este desarrollo no ha sido el mismo en el campo de la provisión de servicios públicos (Longley y Mateos, 2005). Esta falta de aplicación de estudios de accesibilidad mediante SIG es especialmente escasa en el ámbito de la administración pública sanitaria española y, más aún, en el caso de la asistencia especializada. Sin embargo, se pueden encontrar estudios comparativos de la aplicación de modelos vectorial y raster, principalmente para la valoración del grado de eficiencia espacial de la distribución de los hospitales. A este tipo de investigaciones pertenecen las realizadas en el ámbito de la localización óptima de hospitales públicos de la provincia del Chaco (Argentina) por Ramírez y Bosque (2001) y Ramírez (2005) que, mediante SIG vectorial, determinan nuevas localizaciones hospitalarias y evalúan, en comparación con las localizaciones actuales, el sistema hospitalario del ámbito de estudio empleando análisis de redes.

Otra línea de aplicación de los SIG a la planificación sanitaria se basa en estudios monográficos de accesibilidad de la población a los equipamientos sanitarios para la detección de desigualdades de acceso o como criterio básico en la evaluación de centros proyectados para escenarios futuros. En esta línea encajan investigaciones pioneras como los estudios realizados por la Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid en el año 1993. En este caso se utilizan, para el diagnóstico territorial de la red de centros, como indicadores de accesibilidad la población incluida en intervalos de tiempo de acceso, definidos mediante isócronas, para un ámbito de ordenación sanitaria (Alventosa *et al.*, 1993).

Calvo evalúa los beneficios y costes económicos en la implantación de nuevos hospitales en la Comunidad Autónoma de La Rioja mediante diagnóstico del estado real de los equipamientos, definido por los flujos y comportamientos de la demanda, sin olvidar la capacidad del servicio frente a la población de su entorno. Los cálculos de accesibilidad se basan en el análisis de redes, con la creación de una red topológica a partir de la clasificación de los arcos de la red de carreteras (unimodal) según categorías, atendiendo a las características del trazado (Calvo *et al.*, 2001).

Redondo realiza aplicaciones de los SIG, a través de los análisis de proximidad del programa VISIGI, con el objeto de determinar la movilidad y niveles de acceso de la población a los centros sanitarios de la Comunidad Autónoma de Madrid mediante el acceso peatonal y transporte público. Como algoritmo utiliza el concepto de "estrategia óptima o aquella que minimiza el tiempo total de viaje esperado". La aplicación informática permite obtener matrices Origen-Destino desglosadas en tasas de viaje, introduciendo factores de impedancia en el caso del transporte público: tiempo de acceso a desplazamiento peatonal, tiempo de espera a la llegada del vehículo, tiempo transcurrido en el interior del vehículo y tiempo de acceso peatonal al destino. En el caso del transporte privado utiliza características de la red como factores determinantes del tiempo de traslado (anchura del viario, carriles, semáforos, giros, etc.), incluyendo el efecto de la congestión de la misma (Redondo, 2003; Redondo, 2005).

Gutiérrez *et al.* (2002) evalúan la mejora en el acceso mediante cálculo de la accesibilidad peatonal a la red de atención primaria del municipio de Madrid a través de análisis de redes. Para la medición de la accesibilidad los autores emplean distancias euclidianas, retomando los criterios empleados por Alventosa *et al.* (1993) en la definición de áreas de proximidad. Como indicador de

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

accesibilidad se valen de "la medida de las oportunidades acumuladas", consistente en "contabilizar la población (demanda potencial) que queda dentro de determinado límite de distancia o tiempo respecto a uno o varios puntos".

Escalona y Díez (2003) y Escalona y Díez (2005) valoran el desajuste espacial oferta-demanda en relación con la accesibilidad a los servicios básicos de salud en la provincia de Teruel. El método de cálculo de la accesibilidad se basa en la estimación del coste o impedancia de desplazamiento del ciudadano que demanda la asistencia sanitaria desde su lugar de residencia al centro asistencial (centros de salud). En dicho estudio incorporan tanto "funciones de impedancia" como "funciones de actividad", a las que asocian el valor 1 ya que consideran que sólo hay un destino posible. La cuantificación de la accesibilidad se expresa mediante valores promedio, accesibilidad ponderada por la población entre Zonas Básicas de Salud y el cálculo de mapas de isócronas elaborados por interpolación a partir de los valores de tiempo de desplazamiento para cada entidad de población.

López y Garrido (2003) trabajan el análisis de la accesibilidad de los hospitales públicos andaluces calculando la distancia espacial (en línea recta o euclidiana) y temporal (tiempos de conducción) mediante SIG vectorial. Los indicadores de accesibilidad empleados se basan en la definición de áreas de recorrido de los 30 kilómetros y 30 minutos desde cada uno de los hospitales públicos andaluces. Por último, calculan los porcentajes de población que se encuentran dentro/fuera de las áreas de servicio definidas.

Zoido (2002) y Zoido y Caravaca (2005) analizan la disponibilidad de servicios sanitarios mediante el indicador de accesibilidad a los servicios sanitarios hospitalarios. El objetivo es valorar "la proximidad del centro hospitalario con disponibilidad de camas más próximo en términos de tiempo", identificando la población cubierta en intervalos de acceso a los centros hospitalarios. El tiempo medio de acceso a la atención hospitalaria se aplica en la identificación del índice de consumo y disponibilidad de recursos sociales para su integración en un índice sintético de bienestar.

Olivet *et al.* (2008) y Prat *et al.* (2008) presentan un estudio de accesibilidad de la población a los centros sanitarios públicos de Cataluña mediante análisis de redes en SIG. Los autores aplican el SIG MiraMon, diseñado por el Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF), para el cálculo de la ruta óptima (la que minimice el desplazamiento) entre un par de coordenadas origen-destino. Calculan, por tanto, distancias y tiempos de desplazamiento, tanto medios como medios ponderados por la población, desde los núcleos de población a los distintos puntos de atención como indicadores de accesibilidad geográfica: valores mínimos de distancia a recorrer y de tiempo invertido en los desplazamientos de la población a su centro sanitario más cercano en transporte privado por carretera.

3. Materiales, datos y métodos

La aplicación de la metodología propuesta supone una primera reflexión sobre el concepto de accesibilidad en el marco de la asistencia sanitaria, ya que puede ser entendida desde varias perspectivas: la financiera, es decir, qué parte de la población está cubierta y qué gama de servicios

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

esta disponible a través de un sistema financiado por fondos públicos; la informativa o de acceso de la población a la información sobre servicios y profesionales, incluida su movilidad, y la física o tiempo que tarda el usuario en recibir un servicio sanitario (Comisión de las Comunidades Europeas, 2003).

Nos situamos en el ámbito de la accesibilidad física, entendida como la distancia que separa un determinado lugar de otros lugares, según la cual puede considerarse más o menos favorable para una actividad determinada. Es decir, se convierte en uno de los elementos claves para la selección de la localización óptima de determinado servicio o equipamiento y, por tanto, en atributo espacial de los lugares, expresando así su "centralidad o cercanía a otras funciones o localización" (Garner, 1971, citado en Gutiérrez, 2003). Es por ello que los factores que determinan la accesibilidad se deben tanto a la estructuración de las redes de transportes como a la distribución espacial de los nodos y las características del espacio considerado.

El uso y los componentes del término accesibilidad marcarán en gran medida el modelo conceptual para su análisis, así como su plasmación en un modelo matemático. En este sentido, Salado (2004) presenta una clasificación que nos sirve de referente para contextualizar dicho concepto en el marco de la evaluación de la planificación de los *Hospitales de Alta Resolución*.

Optamos por un modelo de espacio geográfico discreto, los desplazamientos "sólo se pueden realizar a través de determinadas vías de transporte o comunicación caracterizadas por unos atributos concretos (velocidad, sentido, coste)". A su vez, se plantea la medición de la accesibilidad mediante distancia a través de una red, frente a una distancia euclidiana o una distancia Manhattan.

El desplazamiento se estima por carretera y en vehículo privado, ya que en Andalucía se da un "elevado predominio de la carretera y los medios privados de transporte, frente al resto de los modos de transportes, especialmente en las zonas poco pobladas" (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2006).

Por último, la distancia elegida es la temporal o relativa entre dos puntos. Es evidente que la localización absoluta de las ciudades o las distancias euclidianas entre éstas no varía, al contrario, la distancia temporal está ligada a las velocidades del desplazamiento de forma que, al aumentar las velocidades, "las distancias se reducen y el espacio se contrae" (Gutiérrez, 1998).

Por otro lado, se trata de una accesibilidad potencial, relaciona los indicadores de accesibilidad geográfica con la distancia que separa la localización de usuarios potenciales y las unidades de salud, frente a una accesibilidad real o efectiva, aquélla que se estima mediante datos de utilización o frecuentación de los servicios sanitarios por parte de la población.

Otra de las claves en la definición del modelo conceptual son las características propias del tipo de servicio que se evalúa, identificado como servicio deseable de localización fija (modelo de prestación en consulta en la que es el usuario el que se desplaza al servicio), que responde a una demanda elástica, ya que la asistencia sanitaria es universal.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

Según la ordenación funcional, se trata de una prestación jerárquica de los servicios sanitarios definida mediante el establecimiento de flujos entre usuario y centro asistencial. Así, no se incluyen en los cálculos factores de atracción de los centros de destino, tales como el tipo y el tamaño del hospital, la relación médico/enfermeras/camas, la presencia de farmacia, el equipamiento de la unidad o la percepción de la calidad del servicio por parte del ciudadano. Dichos factores serían necesarios en el caso de incorporar la libre elección de médico como factor condicionante de la movilidad usuario-hospital.

En cuanto al modelo de cálculo, se basa en la cuantificación la accesibilidad geográfica mediante la ruta óptima entre un nodo de origen (centroide de núcleo de población) y un nodo de destino (localización geográfica del centro hospitalario) a través de la red de carreteras de Andalucía. Se trata pues de medir la distancia, en unidad de tiempo, del desplazamiento entre un nodo de origen a uno de destino a través de una red de la forma más eficiente (más rápida), es decir, por el camino de menor impedancia o resistencia al desplazamiento.

Como solución matemática que se adapta al modelo de accesibilidad descrito se toma la formulación, tipo coste de desplazamiento, utilizada por Escalona y Díez (2003:121):

$$A_i = g(W_j) \cdot f(C_{ij})$$

siendo A_i = accesibilidad potencial agregada a un lugar i ; W_j = actividad o servicio W que se ofrece en j ; C_{ij} = coste general de llegar a j desde i ; $g(W_j)$ = función de actividad en j que puede hacer referencia a la naturaleza del servicio, el rango, la especialización, etc.; $f(C_{ij})$ = función de impedancia que puede expresar componentes de tipo espacial (distancia, tiempo), condiciones de circulación, existencias de restricciones, tipos y modos de transportes, etc.

Al igual que las autoras, al situarnos en un sistema sanitario de tipo universal, no realizamos distinciones entre centros, siendo los usuarios asignados a los mismos según criterios de ordenación funcional, tomando en todos los casos W_j valor 1. De esta forma, se indica que sólo hay un destino posible (función de actividad horizontal) y la impedancia depende, exclusivamente, del coste de desplazamiento (función lineal). Por último, en cuanto a los resultados esperados, cuanto más bajo es el valor calculado o coste, mayor es la accesibilidad (Escalona y Díez, 2003:122).

Desde el punto de vista técnico y como ya se ha comentado con anterioridad, la medición de accesibilidad se realiza mediante SIG vectorial, concretamente mediante análisis de redes de transporte.

3.1. El caso de estudio

Como ámbito de análisis identificamos, dentro de la tipología de centros del SSPA, los *Hospitales de Alta Resolución*, cuyo análisis territorial permite contextualizar el momento actual de impulso en la tendencia a la descentralización de los recursos de asistencia especializada.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

Hay que entender que el caso de estudio no se identifica, exclusivamente, con la ubicación de un nuevo hospital en un núcleo de población determinado, sino que atendemos a un concepto territorial definido por las áreas de influencia de dichos equipamientos. Es decir, las áreas de adscripción al nuevo recurso asistencial, entendidas como el conjunto de municipios que cuentan con un *Hospital de Alta Resolución* como hospital de referencia para un nivel básico de especialidades. No hay que olvidar que la ordenación territorial de la asistencia especializada es compleja, ya que existe una jerarquía de centros hospitalarios en función de la cartera de servicios o nivel de especialización que presenten. De esta forma, en los casos en los que el paciente con una patología específica no puede ser atendido en su hospital de referencia de menor especialización deberá ser atendido en el hospital de referencia del siguiente nivel asistencial.

3.1.1. Delimitación espacial

La zona de estudio coincide con los límites administrativos de la Comunidad Autónoma Andaluza, siendo la distribución tanto de los *Hospitales de Alta Resolución* como de sus ámbitos de influencia la que se presenta en el mapa adjunto ([figura 1](#)). Dicha red supone la incorporación de 25 nuevos hospitales, de los cuales 13 se encuentran ya en funcionamiento ([tabla 1](#)).

3.1.2. Delimitación temporal

Nos encontramos en pleno proceso de implantación de los *Hospitales de Alta Resolución*, por lo que la medición de accesibilidad supone un ejercicio de previsión a corto plazo que facilita información valiosa tanto en la planificación de los centros proyectados como en la cuantificación de la mejora de acceso alcanzada mediante comparación con la situación actual. El escenario temporal de partida se refiere al año 2005 (año en el que no se disponía de ningún *Hospital de Alta Resolución* en funcionamiento), siendo el escenario de previsión un escenario hipotético en el que todos los centros proyectados se incorporen a la red de hospitales públicos.

3.2. Fuentes de datos

En cuanto a las fuentes de datos se distinguen según cuatro tipos de variables ([tabla 2](#)):

- **La demanda potencial**, que se identifica con una localización geográfica concreta (nodos de origen): las cabeceras municipales de Andalucía, para el cálculo de la accesibilidad agregada, y los núcleos de población que no son cabeceras municipales, pero que cuentan con una población igual o superior a los 500 habitantes, para los datos de accesibilidad desagregados. Se caracteriza mediante elementos de tipo puntual (centroides), tomando como fuente de datos el objeto "su2_100 núcleos de población" del conjunto de elementos "G04_SIST_URBANO" del Mapa Digital de Andalucía 1:100.000 (Instituto de Cartografía de Andalucía, 2005). La información alfanumérica de población se obtiene del Nomenclátor (Instituto Nacional de Estadística, 2009) y la Revisión del Padrón Municipal de Habitantes a 1 de enero de 2008 (Instituto Nacional de Estadística, 2009).

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

Hay que indicar que existen limitaciones en el modelo conceptual empleado ya que se considera toda la demanda como igual, sin especificar distintas necesidades según grupos de población, siendo evidente la necesidad de incorporar al concepto de accesibilidad geográfica un contenido social (Gutiérrez, 2003). Esta cuestión es especialmente significativa en sanidad, donde existen grupos de población más proclives a la necesidad de asistencia sanitaria, como distintas motivaciones en el desplazamiento del usuario al centro asistencial.

- La localización de la **oferta** (nodos de destino), que se obtiene mediante geocodificación por dirección postal en los casos en los que el *Hospital de Alta Resolución* se encuentre en funcionamiento o en obras. Dicha geocodificación se realiza tomando como base cartográfica de referencia el Callejero Digital de Andalucía (Rodríguez *et al.*, 2007). En los casos de los centros proyectados se toma como referencia el centroide del núcleo de población en el que se ubicará el hospital (su2_100 núcleos de población).
- La **movilidad usuario-hospital** o adscripción de municipios y sus hospitales de referencia, que se consulta en los Contratos Programa de las Empresas Públicas Hospitalarias y los Programas Funcionales de cada hospital. Una vez elaborada la información alfanumérica se georeferencia a partir del objeto "da2_100 Términos municipales" del conjunto de elementos "G12_DIVISIÓN_ADM" del Mapa Digital de Andalucía 1:100.000 (Instituto de Cartografía de Andalucía, 2005). De esta forma y mediante agregación municipal, se edita la información geográfica relativa a las áreas de influencia de los hospitales según ordenación sanitaria.

La identificación de la movilidad usuario-hospital presenta gran dificultad debido tanto a la propia complejidad de los flujos asistenciales que se establecen (principalmente si atendemos a las distintas carteras de servicios de los hospitales), como por la falta de una única fuente de datos y un consenso en los métodos de definición y elaboración de los ámbitos de influencia de los hospitales.

- La **conexión entre nodos de origen y destino**, que se representa a través del grafo de carretera, cuya fuente es la actualización 2006 del objeto "vc1_1_100 Red de Carreteras" del conjunto de elementos "G05_VIARIO" del MDA 1:100.000 (ICA, 2005).

La información de carreteras requiere un proceso de transformación con el fin de generar una red topológica, en la que se especifican los atributos de circulación y comportamientos para asegurar su conectividad. Se diseña una estructura básica de red conformada por dos tipos de elementos geométricos: entidades lineales o segmentos (arcos), que actúan como los enlaces sobre los cuales fluyen los recursos, y entidades puntuales o uniones (nodos), entre los que se establecen relaciones a través de los arcos.

Los flujos en el interior de la red quedan definidos por impedancias de coste, expresadas por el tiempo que se tarda en realizar un recorrido, sin tener en cuenta restricciones de tipo: *Oneway*, permiten establecer la posibles direcciones para atravesar un arco (ambas direcciones, dirección del arco o contraria al arco y cualquier dirección); *U-Turns* o giros de 180°, que pueden o no estar permitidos; barreras o restricciones de paso parcial o total, y

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

Curb_approach, que especifica los sentidos de la vía y que el vehículo puede acercarse al elemento puntual por la derecha o por la izquierda.

Por último, el atributo de coste se asigna mediante la combinación de la longitud de arco y el descriptor de velocidad media por tipo de vía (tabla 3). Una vez definidos los atributos de la red de distancia y velocidad media, se calcula para cada segmento de arco el tiempo de acceso en minutos o coste de desplazamiento.

Como sesgos a tener en cuenta hay que indicar que se emplean rutas exactas, por lo que no se tienen en cuenta retrasos provocados por semáforos o señales de *stop*, como ocurriría en una red jerárquica. Además, se trata de una conectividad básica, establecida entre los elementos de una misma fuente, es decir, trabajamos con una red unimodal. Por último, para las cabeceras municipales en las que se ubica un hospital la distancia-tiempo al mismo se establece como 0.

Estas características de partida de la red de transportes vienen definidas por las necesidades de precisión de los resultados esperados que, como ya se ha descrito, se basan en una escala regional. Por otro lado, no existen fuentes de datos de carreteras o viales a escalas locales con las características técnicas necesarias (posibilidad de incorporar otros factores de tiempo como el relieve, velocidades en intersecciones, condiciones especiales, etc.) ni la cobertura territorial adecuada (falta de viales en el interior de grandes núcleos urbanos), que permitan una mayor complejidad en la generación de la red para el ámbito regional. Estas deficiencias en cuanto a la precisión geométrica y actualización de trazados implican problemas de conectividad en algunos tramos, dando lugar a costes temporales erróneos que han sido corregidos de forma manual. De modo que, la complejidad y precisión de los análisis está claramente definida por las fuentes de datos de partida. No obstante, desde la administración autonómica y en el marco del Plan Cartográfico de Andalucía 2009-2012 (Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio, 2008) se está haciendo un esfuerzo en editar una red de carreteras a nivel autonómico adecuada desde el punto de vista técnico como base para el desarrollo de aplicaciones de análisis de redes.

3.3. Técnicas de análisis

El cálculo de la trayectoria de menor coste o dificultad entre los nodos de origen y los nodos de destino se realiza mediante los siguientes algoritmos implementados en el análisis de redes de transportes:

- **Cálculos de caminos mínimos** o *best route*, es decir, la ruta más adecuada entre un nodo de origen y un nodo de destino. En este caso se opera tomando como nodo de origen la cabecera municipal (119 nodos de origen) y como destino el *Hospital de Alta Resolución* de referencia (25 nodos de destino), por lo que la movilidad usuario-hospital se establece por ordenación sanitaria. Los resultados nos permiten realizar un diagnóstico de la accesibilidad mediante el tiempo de acceso en el ámbito municipal.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

Los valores de distancia obtenidos se agregan para obtener la accesibilidad promedio por ámbito hospitalario, considerando la población de los municipios en los que se inserta cada nodo como factor de ponderación, según la expresión:

$$Tm = \frac{\sum_{j=1}^n T_{ij} \times Pb_i}{\sum_{j=1}^n Pb_i}$$

siendo Tm = el tiempo medio de acceso del ámbito de influencia de un hospital; T_{ij} = tiempo de acceso o desplazamiento en vehículo privado desde el origen (i) al destino (j); Pb_i = población municipal del origen (i).

- **Cálculo de la Matriz Origen-Destino, OD Cost Matrix.** Se amplía el nivel de desagregación territorial incorporando como nodos de origen, además de las cabeceras municipales, las entidades poblacionales que cuentan al menos con 500 habitantes (un total de 282 nodos de origen). De esta forma se obtiene el diagnóstico de la accesibilidad según isócronas, que permiten detectar las diferencias de acceso en el ámbito de influencia de cada hospital. Una vez obtenida la matriz de distancia en minutos, se interpolan los valores mediante método de ponderación inversa a la distancia (IDW).

La valoración de accesibilidad geográfica se realiza mediante la identificación de estándares, que toman como nivel base el criterio de accesibilidad marcado en la planificación sectorial: tiempo de acceso límite, 30 minutos al hospital de referencia (Consejería de Salud, 2004b) ([tabla 4](#)). De esta forma se consideran intervalos o categorías de accesibilidad según los siguientes criterios (Escalona y Díez, 2003:129):

- Tiempo de acceso menor o igual a 15 minutos: accesibilidad óptima.
- Tiempo de acceso entre 15 y 30 minutos: accesibilidad favorable.
- Tiempo de acceso entre 30 y 45 minutos: accesibilidad desfavorable.
- Tiempo de acceso mayor de 45 minutos: accesibilidad muy desfavorable.

4. Descripción y análisis de resultados

La accesibilidad calculada en el ámbito municipal nos permite identificar valores máximos y medios de tiempos de acceso (se excluyen los mínimos ya que se sitúan en los 0 minutos para los municipios en los que se ubican un hospital), así como estimar distintos niveles de acceso al *Hospital de Alta Resolución* de referencia de cada cabecera municipal ([tabla 5](#)). En estos casos, la accesibilidad calculada desde el centroide de la cabecera municipal al hospital se hace extensible a la población total del término municipal ([figura 2](#)).

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

La accesibilidad máxima se sitúa en los 54 minutos que separan la cabecera municipal de Santiago-Pontones del *Hospital de Alta Resolución* Sierra del Segura (ubicado en el municipio de la Puerta del Segura) y la cabecera de Válor del *Hospital de Alta Resolución* La Alpujarra de Granada (ubicado en el núcleo de Órgiva). El rango de valores es, por tanto, elevado. En cuanto a la media de accesibilidad, se sitúa en los 19 minutos.

Si realizamos una clasificación de los resultados según los tiempos de acceso establecidos como estándar (tabla 5) y tomando como referencia la población total adscrita a los *Hospitales de Alta Resolución* de 1.378.517 habitantes (el 16% de la población andaluza), la accesibilidad municipal nos indica que el 77,64 % presentan una accesibilidad óptima a sus hospitales de referencia (80 municipios de los 199 adscritos).

El segundo intervalo de acceso, correspondiente a una accesibilidad favorable, supone el 17,65 % de los habitantes (83 municipios). Si atendemos al nivel de acceso marcado por la administración sanitaria como objetivo a alcanzar en la planificación de los *Hospitales de Alta Resolución*, es decir, igual o menor a 30 minutos (Consejería de Salud, 2004b), el 95% de los habitantes adscritos a los centros proyectados se encuentran en esta situación.

En el nivel de acceso opuesto, es decir, relativo a una accesibilidad muy desfavorable, se encuentra tan sólo el 0,94 % de los habitantes. Se trata de los municipios de Alicún de Ortega, Dehesas de Guadix, cuyo hospital de referencia es el de Guadix; Murtas, Ugígar y Válor, adscritos al *Hospital de Alta Resolución* La Alpujarra de Granada; Encinasola y Rosal de la Frontera, adscritos al hospital ubicado en Aracena, y Santiago-Pontones, que forma parte del área de influencia del *Hospital de Alta Resolución* Sierra de Segura. En estos casos, una red viaria mal estructurada, influenciada por la orografía, y la situación de los núcleos de población respecto a ésta supone que, a pesar de la incorporación de un nuevo hospital, la accesibilidad siga identificándose como desfavorable. Por último, 28 municipios, el 3,78 % de la población adscrita a la red de hospitales proyectada, se asocian con una accesibilidad desfavorable, es decir, entre los 30 y 40 minutos a su hospital de referencia.

La accesibilidad agregada según área de influencia ([figura 3](#)) nos indica que el valor máximo se sitúa en los 22,45 minutos del *Hospital de Alta Resolución* La Alpujarra de Granada, siendo el valor medio 8,85 minutos. Los valores mínimos corresponden a los hospitales con áreas de influencia de un único municipio (por lo tanto, una accesibilidad de 0 minutos a su hospital de referencia): *Hospitales de Alta Resolución* de Puente Genil, de Alcaudete y de Benalmádena.

Los valores máximos se corresponden con los hospitales de La Alpujarra de Granada, Sierra de Aracena y Sierra del Segura, que superan un tiempo medio de acceso de 20 minutos, seguidos por los hospitales de Sierra Norte y Valle del Guadalhorce.

Por último, destaca el tiempo medio de acceso del *Hospital de Alta Resolución* El Toyo, cifrado en 10,54 minutos. Esta circunstancia se debe a los valores de tiempos de acceso de los municipios adscritos a su ámbito de influencia: Níjar, con 24,34 minutos, y Carboneras, con 34,64 minutos. Lo mismo sucede con el *Hospital de Alta Resolución* La Janda, con un valor de 14,48 minutos, debido a un tiempo de acceso de 31,47 minutos del municipio Benalup-Casas Viejas.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

En el caso del hospital de Cazorla sorprende un tiempo medio de acceso relativamente bajo, 11,37 minutos, para tratarse de una zona de montaña. Este valor es el resultado unos datos de accesibilidad municipales por debajo de los 22 minutos, a excepción de los municipios de Villarrodriago y Santiago-Pontones, con tiempos de acceso de 34,29 y 54,13, respectivamente, pero una población municipal que no supera los 4.000 habitantes.

Por último el trazado de isócronas nos permite identificar las diferencias de accesibilidad en los ámbitos de influencia de los *Hospitales de Alta Resolución* y analizar la distribución espacial de la accesibilidad a los mismos.

Como ejemplo de los análisis realizados se toma el caso del *Hospital de Alta Resolución Sierra de Aracena* ([figura 4](#)).

Si se analizan los datos de accesibilidad por núcleos de población (obviando el núcleo de población de Aracena, que presenta un valor de 0 minutos por ser núcleo de ubicación del hospital) el valor mínimo se sitúa en el núcleo Los Marinas, con un tiempo de acceso de 7,65 minutos al hospital. En el extremo opuesto se encuentra el núcleo de Rosal de la Frontera, con una distancia 51,40 minutos a su hospital de referencia, siendo, por tanto, el rango de diferencias muy elevado.

La clasificación de la población según niveles de acceso se presenta en la tabla 6, siendo la población de partida total del área de 34.856 habitantes. Hay que recordar que la demanda se identifica con las cabeceras municipales y los núcleos con población igual o superior a los 500 habitantes según Nomenclátor. El 34,46 % de los habitantes adscritos al hospital cuenta con una accesibilidad muy favorable al mismo, siendo el 26,44 % los que cuentan con una accesibilidad favorable. Por lo tanto, el 60,9 % de los habitantes cuentan con un hospital a menos de 30 minutos de su lugar de residencia.

El intervalo de accesibilidad desfavorable supone alrededor de 30% de la población del área (núcleos de Aroche, Arroyomolinos de León, Cala, Cumbres de Enmedio, Cumbres de San Bartolomé, Cumbres Mayores, Hinojales y Santa Olalla del Cala). El intervalo de accesibilidad muy desfavorable supone un 9,81 % de la población, correspondiente a la población de Encinasola y Rosal de la Frontera.

5. Discusión

La discusión se centra en las posibilidades analíticas de los SIG en el marco de la planificación de equipamientos y servicios públicos. Si nos centramos en las herramientas concretas de análisis de redes como método para la medición de la accesibilidad geográfica, su aplicación permite disponer de información efectiva en los procesos de toma de decisiones relativos a la planificación y ordenación de los recursos asistenciales, así como en su posterior evaluación. Es por ello que creemos que estudios como el desarrollado demuestran la validez de indicadores de accesibilidad geográfica en la descripción de los procesos de descentralización de recursos, especialmente en cuanto a la mejora en la equidad del acceso a las prestaciones sanitarias.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

En esta línea, enlazando el principio de equidad en el acceso con el de reducción de desigualdades y cohesión territorial, autores como Zoido (2001), Zoido y Caravaca (2003) y Caravaca *et al.* (2009) utilizan la accesibilidad hospitalaria como indicador de disponibilidad de servicios colectivos y, por lo tanto, de bienestar social.

Si bien los resultados presentados se centran en el nivel de la asistencia especializada, las posibilidades de aplicación en la atención primaria son aún mayores, como demuestran los estudios realizados por Gutiérrez *et al.* (2002). No obstante, hay que señalar un aumento de las necesidades de precisión, por lo que el modelo conceptual de accesibilidad aplicable es mucho más complejo y existen serias limitaciones, principalmente en aspectos relativos a la precisión geométrica y técnica de la información geográfica disponible.

A pesar de las limitaciones descritas a lo largo del artículo, los cálculos realizados sirven de base para determinar las consecuencias de la proyección de nuevos hospitales, especialmente si se pone en relación con un diagnóstico previo a la incorporación de los *Hospitales de Alta Resolución* en el SSPA. Sirva de ejemplo de dicha afirmación la elaboración de mapas de isócronas de ámbito autonómico, tomando como destino la red completa de hospitales públicos del SSPA (públicos y concertados) en dos escenarios temporales: con anterioridad (año 2005) y posterioridad a la incorporación de los *Hospitales de Alta Resolución* ([figura 5](#) y [figura 6](#)).

Según el estudio presentado, podemos afirmar que la accesibilidad geográfica se convierte no sólo en factor determinante en la definición del objetivo a alcanzar, sino también en criterio técnico en el proceso mismo de la planificación y en la identificación de ubicaciones óptimas de los nuevos recursos. Por otro lado, se constituye como indicador para la evaluación mediante el enfoque de la "comparación antes-después o comparación con-sin" (Moreno, 1995). En esta línea, la descripción del proceso de planificación de los *Hospitales de Alta Resolución* no sólo nos permite contextualizar la importancia de estos nuevos centros en la transformación de la red de hospitales, sino también identificar cada uno de los elementos que intervienen en la mejora de la accesibilidad lograda, así como los criterios de planificación empleados.

Por último, es necesario indicar que las consecuencias territoriales de la implantación de los *Hospitales de Alta Resolución* deben analizarse desde otras perspectivas que complementen la evaluación abordada. No solo por su implicación en el SSPA, como se refleja en la reorganización territorial de los ámbitos de influencia de los centros hospitalarios, o en la incidencia en la frecuentación y, por lo tanto, en la actividad de los hospitales ya existentes, sino, también, en el impacto económico y la atracción funcional que ejercen los nuevos hospitales como centros tecnológicos, inversores y de trabajo, en definitiva, generadores de riqueza.

6. Conclusiones

En función de los resultados obtenidos, podemos afirmar que la población adscrita a los *Hospitales de Alta Resolución* presenta una accesibilidad favorable a los mismos (aproximadamente un 77,5 % de los habitantes). Si atendemos al propio objetivo de la planificación abordada, es decir, una accesibilidad hospitalaria igual o inferior a los 30 minutos, un 95% de los habitantes adscritos a los centros proyectados se encuentran en esta situación. Por otro lado, a pesar del reducido número

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

de habitantes que se encuentra en una situación de accesibilidad desfavorable (no alcanzan el 1% del total), existe un elevado rango entre valores extremos, con un máximo en los 54 minutos, siendo los valores medios de 19 minutos.

En el caso de los valores promedios, están claramente influenciados por el ámbito geográfico en el que se inserta el hospital, siendo la estructura de la red viaria, afectada por la orografía, y la localización de los núcleos de población respecto a la red los factores determinantes de los niveles de accesibilidad. No obstante, existen algunos casos que llaman la atención, como el tiempo medio de acceso del *Hospital de Alta Resolución* de la Janda, excesivamente elevado debido al valor de accesibilidad calculado para el municipio Benalup-Casas Viejas.

Si atendemos a las diferencias de accesibilidad en el marco de las áreas de influencia de los *Hospitales de Alta Resolución*, matizan los promedios calculados. Es por ello que, disponer de mapas de isócronas para cada ámbito de análisis puede facilitar la evaluación pormenorizada de la accesibilidad como criterio de planificación e identificar aquellos núcleos de población que deben centrar futuras actuaciones de mejora en el acceso a los centros proyectados.

AGRADECIMIENTOS

El artículo contiene algunos de los resultados obtenidos en el Proyecto de Investigación "Evaluación de la mejora de la accesibilidad de la población andaluza a la red de hospitales públicos mediante Sistemas de Información Geográfica", realizado en el marco del Programa de Doctorado "Estrategias de Planificación del Territorio" de la Universidad Pablo de Olavide (diciembre de 2009). Por otro lado, la oportunidad de investigar en el proceso de desarrollo de la red de hospitales públicos de Andalucía y sus implicaciones territoriales ha sido posible gracias a la colaboración de la Dirección General de Planificación e Innovación Sanitaria de la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía.

Referencias bibliográficas

- Alberich González, J. y Ajenjo I Cosp, M. (2005): "Aplicación de un Sistema de Información Geográfica al estudio retrospectivo de la accesibilidad. Cataluña. 1986-2001", *Cuadernos Geográficos*, 36, pp. 456-477.
- Alventosa, C.; Paniagua, E.; Vicent, D. (1993): *Isocronas sanitarias: accesibilidad geográfica a los recursos de la Red Sanitaria Pública en la Comunidad de Madrid*. Madrid, Consejería de Salud, Comunidad de Madrid.
- Barrientos Martínez, M.A. (2007): *Network Analyst. El Análisis de Redes desde ArcGis 9.2*. [consulta: 01/04/2010]. Disponible en <http://www.scribd.com/doc/7358364/Network-Analyst-El-Analisis-de-Redes-Desde-ArcGIS-9>.
- Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (Coord.) (2004): *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Madrid, Ra-Ma.
- Calvo, J.L.; Pueyo, A.; Jover, J.M.; Erdozain, O. (2001): "Análisis, diagnóstico y ordenación de equipamientos mediante formulaciones cartografiadas: valoración de la accesibilidad y

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

requerimientos de la asistencia hospitalaria en la CC.AA. de la Rioja mediante técnica de potenciales", *Berceo*, 141, pp. 247-268.

Caravaca Barroso, I.; González Romero, G.; Mendoza Bonet, A.; Silva Pérez, R. (2009): *Dinamismo, innovación y desarrollo en ciudades pequeñas y medias de Andalucía*. Sevilla, Consejo Económico y Social de Andalucía, Junta de Andalucía.

Comisión de las Comunidades Europeas (2003): *Libro Verde sobre los Servicios de Interés General*. Bruselas, Comisión de las Comunidades Europeas.

Consejería de Obras Públicas y Transportes (2006): *Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía. Decreto 206/2006 de 28 de noviembre*. Sevilla, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Junta de Andalucía.

Consejería de Salud (1996): *Transformación de la Red Hospitalaria. Andalucía 1982-1995*. Sevilla, Consejería de Salud, Junta de Andalucía.

Consejería de Salud (2004a): *Libro Blanco de la Atención Especializada en Andalucía*. Sevilla, Consejería de Salud, Junta de Andalucía [inédito].

Consejería de Salud (2004b): *Libro Blanco de la Atención Especializada en Andalucía. Desarrollo de los Centros Hospitalarios de Alta Resolución*. Sevilla, Consejería de Salud, Junta de Andalucía [inédito].

Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio (2008): *Plan Cartográfico de Andalucía 2009-2012: Acuerdo de Consejo de Gobierno, de 16 de septiembre de 2008*. Sevilla, Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía.

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", *Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, 3, pp. 111-149.

Escalona Orcao, A.I. y Díez Cornago, C. (2005): "Retos y problemas de la accesibilidad a los servicios en zonas despobladas: un caso en la provincia de Teruel (España)", *Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, vol. IX, 188.

Gutiérrez Puebla, J. (1998): "Redes, espacio y tiempo", *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Vol. extraordinario, pp. 269-280.

Gutiérrez Puebla, J.; García Palomares, J.C.; Alventosa, C.; Redondo, J.C.; Paniagua, E. (2002): "Accesibilidad peatonal a la red sanitaria de asistencia primaria en Madrid", *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 18, pp. 65-86.

Gutiérrez Puebla, J. (2003): "Infraestructuras, redes y dinámicas de transporte", en López Lara, E. (coord.): *Servicios y Transportes de desarrollo territorial de España*. Sevilla, Universidad de Sevilla, pp. 317-336.

Instituto de Cartografía de Andalucía (2005): *Mapa Digital de Andalucía escala 1:100.000*. Sevilla, Consejería de Obras Públicas y Vivienda, Junta de Andalucía [CD-Rom]

Instituto Nacional de Estadística (2009): *Padrón Municipal de Habitantes a uno de enero de 2009. Real Decreto 1918/2009, de 11 de diciembre*. [consulta: 28/07/2011]. Disponible en <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft20%2Ft260&file=inebase&L=>

Longley, P.A. y Mateos Rodríguez, P. (2005): "Un nuevo y prominente papel de los SIG y el Geomarketing en la provisión de servicios públicos", *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 5, pp. 1-5.

López Lara, E. y Garrido Cumbera, M. (2003): "Análisis de la accesibilidad hospitalaria por carretera en Andalucía mediante Sistemas de Información Geográfica", en López Lara, E. (coord.): *Servicios y Transportes de desarrollo territorial de España*. Sevilla, Universidad de Sevilla, pp. 407-418.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

- Moreno Jiménez, A. (1995): "Planificación y gestión de servicios a la población desde la perspectiva territorial: algunas propuestas metodológicas", *Boletín de la A.G.E.*, 20, pp. 115-134.
- Moreno Jiménez, A. (2008): "Los servicios colectivos y el desarrollo territorial: Una reconsideración conceptual y metodológica actual", en Moreno Jiménez, A. y Buzai, G.D. (coord.) (2008): *Análisis y planificación de servicios colectivos con sistemas de información geográfica*. Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, pp. 5-23.
- Olivet, M.; Aloy, A.; Prat, E.; Pons, X. (2008): "Oferta de servicios de salud y accesibilidad geográfica", *Medicina Clínica*, 131 (supl 4), pp. 16-22.
- Prat, E.; Sánchez, J.; Pesquer, L.; Olivet, M.; Aloy, J.; Fusté, J.; Pons, x. (2008): "Estudio sobre la accesibilidad de los centros sanitarios públicos de Cataluña", en Hernández, L. y Parreño, J.M. (Eds.) (2008): *Tecnologías de la Información Geográfica para el desarrollo territorial*. Las Palmas de Gran Canaria, Servicio de Publicaciones y difusión científica de la ULPGC, pp. 369-411.
- Ramírez, L. (2005): "Las tecnologías de la información geográfica aplicadas a la planificación territorial sanitaria", *Serie Geográfica*, 12, pp. 57-82.
- Ramírez, L. y 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*, 21, pp. 53-79.
- Redondo, J.C. (2003): "Estudio de accesibilidad y cobertura de la red de asistencia sanitaria de la Comunidad de Madrid", *Geosanidad*, 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*, 15, pp.1-8.
- Rodríguez Díaz, V.; Martín Gómez, R.; Rodríguez Romero, E. (2007): "Procesos de Geocodificación en el marco del Sistema de Información Geográfica de Salud en Andalucía. SIG Mercator", *Actas del XX Congreso de Geógrafos Españoles La Geografía en la Frontera de los Conocimientos*, Universidad Internacional de Andalucía, Sevilla.
- Salado García, M.J. (2004): "Localización de los equipamientos colectivos, accesibilidad y bienestar social", en Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (2004): *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Madrid, Ra-Ma.
- Zoido Naranjo, F. (coord.) (2001): *Informe de Desarrollo Territorial de Andalucía*. Sevilla, Universidad de Sevilla.
- Zoido Naranjo, F. (2002): "Andalucía, cohesión y diversidad territorial", *Scripta Nova: Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 128, pp. 105-132.
- Zoido Naranjo, F. y Caravaca Barroso, I. (coord.) (2005): *Segundo Informe de Desarrollo Territorial de Andalucía*. Universidad de Sevilla, Sevilla.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

TABLAS

Tabla 1. Situación de los Hospitales de Alta Resolución en Andalucía

Provincia	Hospital	Municipio de ubicación	Nº de municipios adscritos	Situación
Almería	El Toyo	Almería	2 ²	En funcionamiento
	Roquetas	Roquetas de Mar	5	Proyectado
Cádiz	La Janda	Vejer de la Frontera	4	En obras
Córdoba	Palma del Río	Palma del Río	5	Proyectado
	Puente Genil	Puente Genil	1	En funcionamiento
	Valle del Guadiato	Peñarroya-Pueblonuevo	8	En funcionamiento
Granada	La Alpujarra de Granada	Órgiva	24	Proyectado
	Guadix	Guadix	34	En funcionamiento
	Loja	Loja	7	En funcionamiento
Huelva	Condado	Bollullos Par del Condado	9	Proyectado
	Costa Occidental	Lepe	7	En obras
	Sierra de Aracena	Aracena	29	En obras
Jaén	Alcalá la Real	Alcalá la Real	3	En funcionamiento
	Alcaudete	Alcaudete	1	En funcionamiento
	Cazorla	Cazorla	7	Proyectado
	Sierra del Segura	La Puerta del Segura	13	En funcionamiento
Málaga	Benalmádena	Benalmádena	1	En funcionamiento
	Estepona	Estepona	3	Proyectado
	Mijas	Mijas	2	Proyectado
	Valle del Guadalhorce	Cártama	13	Proyectado
Sevilla	Écija	Écija	4	En funcionamiento
	Lebrija	Lebrija	3	Proyectado
	Morón	Morón	4	En funcionamiento
	Sierra Norte	Constantina	7	En funcionamiento
	Útrera	Útrera	3	En funcionamiento

Fte. Elaboración propia sobre datos de la Dirección General de Planificación e Innovación Sanitaria, Consejería de Salud, Junta de Andalucía.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

Tabla 2. Fuentes de datos del modelo de accesibilidad definido

Elemento	Capa de información	Fuentes	Procesamiento
Nodo de origen	Núcleos de población (puntual)	Mapa Digital de Andalucía 1:100.000	-
Nodo de destino	<i>Hospitales de Alta Resolución</i> (puntual)	Dirección de Planificación e Innovación Sanitaria, Consejería de Salud	Geocodificación
Red de conexión	Red de carreteras (lineal)	Mapa Digital de Andalucía 1:100.000	Red Topológica
Flujo asistencial	Áreas de influencia (poligonal)	Contrato Programa de las Empresas Públicas Hospitalarias y Programas Funcionales de los <i>Hospitales de Alta Resolución</i>	Agregación de municipios

Fte. Elaboración propia.

Tabla 3. Impedancia asociada a cada tipo de vía

Tipo de Vía	Velocidad en km/h
Autovía Complementaria Metropolitana	100
Autovía Red Básica articulante	
Autovía Red Básica Estructurante	
Autovía Red intercomarcal	
Autovía RIGE	
RIGE	80
Red Básica estructurante	
Red Básica articulante	70
Red Intercomarcal	
Complementaria Metropolitana	50
Red Complementaria	
Red Provincial	
Otros Organismos	

Fte. Elaboración propia sobre datos de la Dirección General de Carreteras de la Consejería de Obras Públicas y Transportes, Junta de Andalucía.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

Tabla 4. Indicadores de la accesibilidad geográfica aplicados

Tipo de indicador	Nodos origen/destino	Definición	Método cálculo
Tiempo de acceso en el ámbito municipal	Cabecera municipal/ <i>Hospital de Alta Resolución</i> de referencia	Tiempo de desplazamiento entre un nodo de origen y un nodo de destino a través de la red de carreteras siguiendo la ruta más rápida	<i>Best route</i>
Tiempo medio de acceso por área de influencia hospitalaria	Cabeceras municipales (del área de influencia por criterios de ordenación sanitaria)/hospital de referencia	Promedio de los tiempos de acceso que separan los nodos de origen con respecto a los nodos de destino considerando la población factor de ponderación	Fórmula de ponderación
Isócronas	Núcleo de población (cabeceras municipales y otros núcleos igual o mayor de 500 habitantes)/ <i>Hospitales de Alta Resolución</i> de referencia	Distribución espacial de la accesibilidad geográfica	<i>OD Cost Matrix/</i> Interpolación IDW

Fte. Elaboración propia.

Tabla 5. Niveles de acceso municipal a la Red de Hospitales de Alta Resolución según ordenación sanitaria

Tiempo de acceso en minutos	Nº Municipios	Habitantes 2008	%
Menor o igual a 15	80	1.023.669	77,64
Entre 15 y 30	83	232.702	17,65
Entre 30 y 45	28	49.804	3,78
Mayor de 45	8	12.342	0,94
Total	199	1.318.517	100,00

Fte. Elaboración propia.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

Tabla 6. Niveles de acceso los núcleos de población al Hospital de Alta Resolución Sierra de Aracena

Tiempo de acceso en minutos	Nº Núcleos	Habitantes 2008	%
Menor o igual a 15	10	12.013	34,46
Entre 15 y 30	10	9.215	26,44
Entre 30 y 45	8	10.209	29,29
Mayor de 45	2	3.419	9,81
Total	30	34.856	100,00

FIGURAS

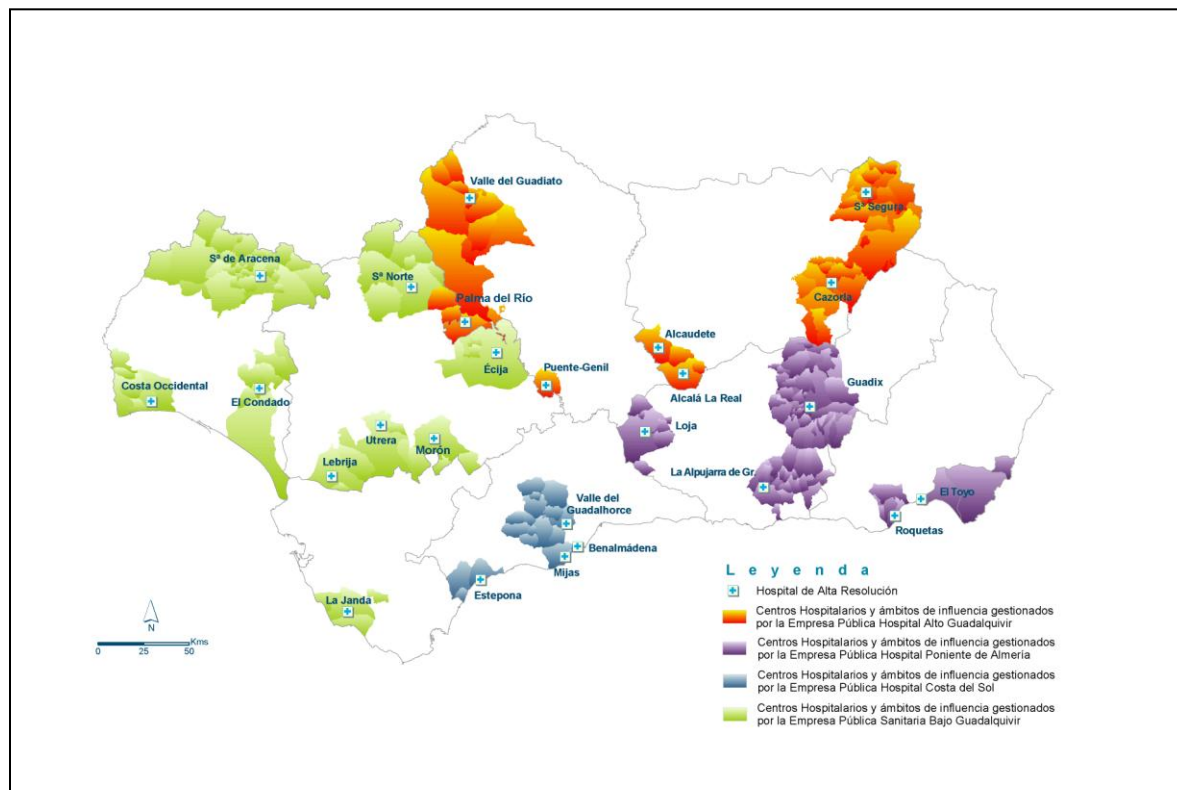


Figura 1. Localización y ámbitos de influencia de los Hospitales de Alta Resolución
Fte. Elaboración propia sobre datos de la Dirección General de Planificación e Innovación Sanitaria, Consejería de Salud, Junta de Andalucía.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

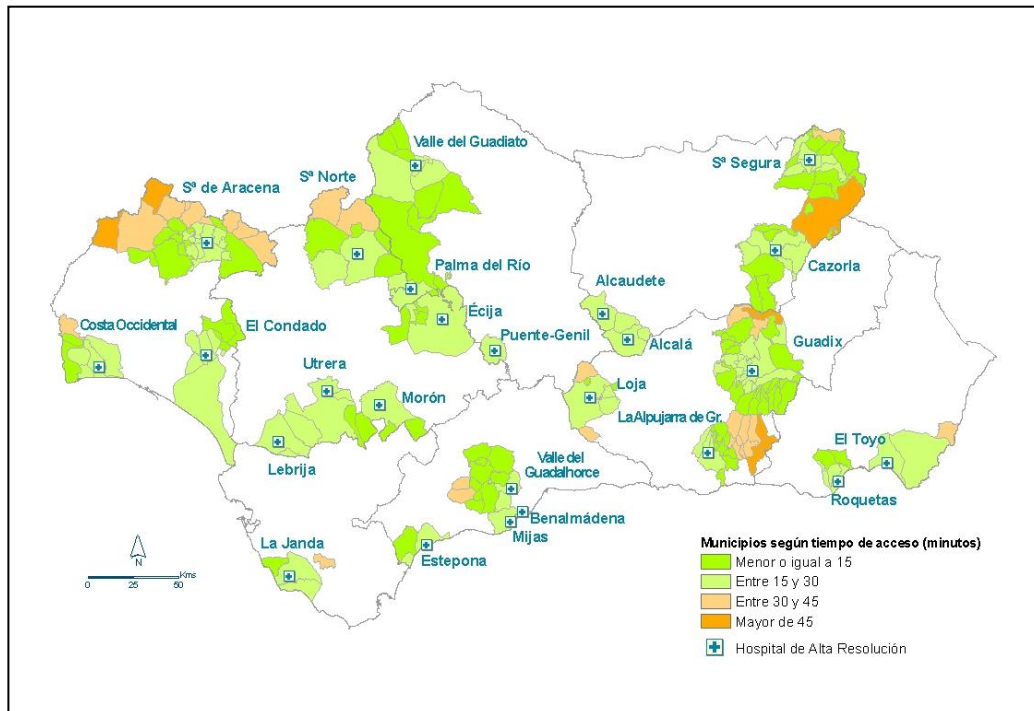


Figura 2. Distribución de la accesibilidad municipal según tiempo de acceso a los *Hospitales de Alta Resolución*

Fte. Elaboración propia sobre datos de la Dirección General de Planificación e Innovación Sanitaria, Consejería de Salud, Junta de Andalucía.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

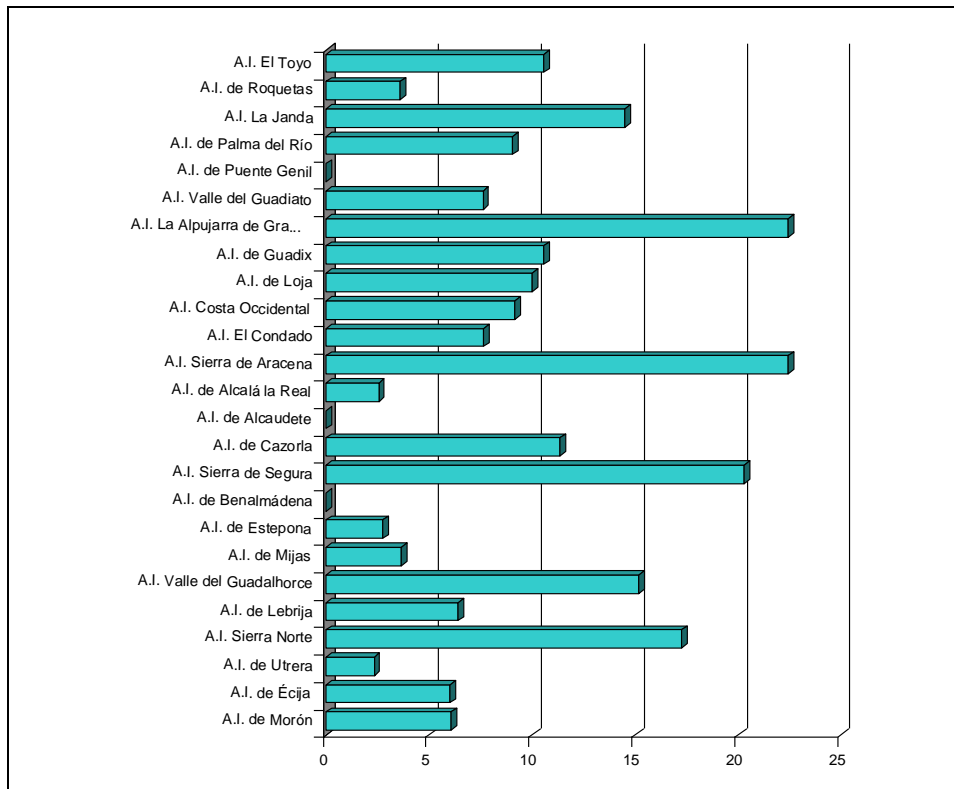


Figura 3. Tiempo medio de acceso por área de influencia de los Hospitales de Alta Resolución
Fte. Elaboración propia sobre datos de la Dirección General de Planificación e Innovación Sanitaria, Consejería de Salud, Junta de Andalucía.

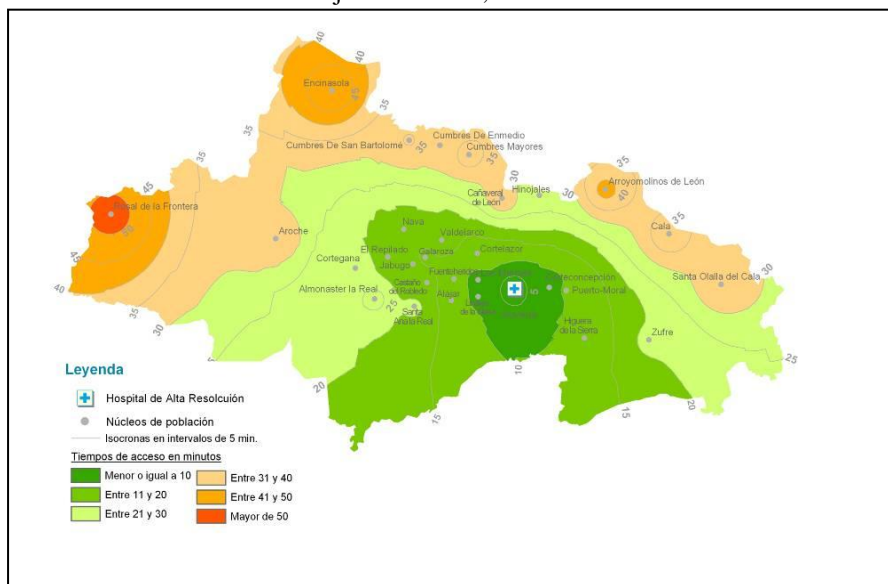


Figura 4. Isócronas del área de influencia del Hospital de Alta Resolución Sierra de Aracena
Fte. Elaboración propia.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

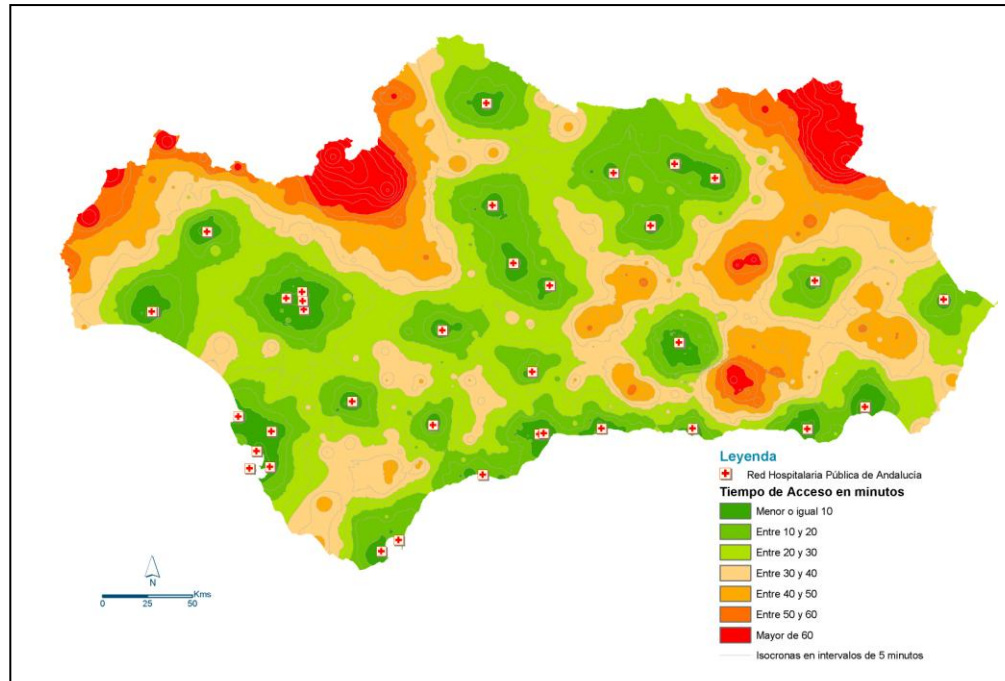


Figura 5. Isócronas a la asistencia especializada. Año 2005
Fte. Elaboración propia.

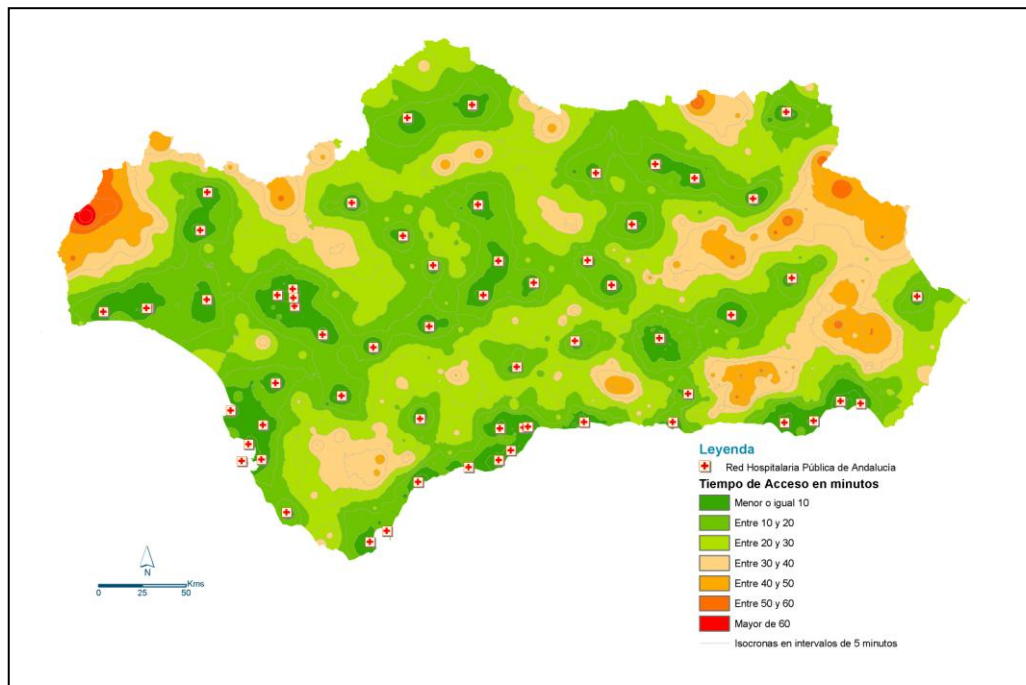


Figura 6. Isócronas a la asistencia especializada. Previsión
Fte. Elaboración propia.

Rodríguez Díaz, V. (2011): "Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes", *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 265-292. ISSN: 1578-5157

¹ Entendida como el conjunto de técnicas, tecnologías o procedimientos (métodos, actividades y recursos basados en el conocimiento y la experimentación científica) mediante los que se hacen efectivas las prestaciones sanitarias.

² En este caso se incorpora junto al municipio de Níjar y Carboneras el Barrio de Retamar del municipio de Almería.