

EL EMPLEO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL CÁLCULO DE LA ACCESIBILIDAD TERRITORIAL

Análisis para la provincia de La Coruña

FCO. ALBERTO VARELA GARCÍA
Profesor de la Universidade da Coruña
FRANCISCO MENÉNDEZ IGLESIAS
Alumno de la Universidade da Coruña

Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría.
ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Campus de Elviña s/n 15071 La Coruña
albertovarela@iccp.udc.es 981.16.70.00 Ext. 1447

RESUMEN

La accesibilidad de un punto se refiere a la dificultad o al coste, ya sea económico, energético o en tiempo empleado para llegar a él. Si nos referiremos al concepto de accesibilidad como un factor de interacción del territorio, entonces las relaciones entre dos puntos aumentan en función de la disminución del coste de desplazamiento entre ellos, denominándose accesibilidad territorial de un lugar a aquella que representa la calidad y diversidad de las comunicaciones que dispone un punto del territorio.

La comunicación intenta profundizar en las posibilidades de los Sistemas de Información Geográfica para realizar análisis sobre la influencia de la calidad de la red viaria en la determinación de las condiciones de accesibilidad y en el grado de urbanización de los asentamientos de población en un ámbito territorial concreto.

El estudio se particulariza para la provincia de La Coruña, exponiendo el proceso necesario de obtención, almacenamiento, tratamiento y análisis de los datos precisos para desarrollar un proyecto de investigación de estas características mediante la utilización de las funcionalidades espaciales que permiten los sistemas de información geográfica. Estas herramientas se emplearán de forma más determinante en los cálculos matemáticos, las operaciones espaciales y los análisis que intenten poner de manifiesto las relaciones entre el tipo de vía y el grado de desarrollo territorial que exista en su entorno, y que se caracterizarán mediante el concepto de accesibilidad.

1. INTRODUCCIÓN

Esta comunicación pretende presentar brevemente las potencialidades del uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para realizar el cálculo de accesibilidad territorial en una determinada región, y encontrar a partir de este análisis los desequilibrios territoriales existentes. Siguiendo la línea de investigación iniciada hace años (9), y debido a la cantidad de información recopilada en diferentes trabajos y proyectos de investigación en los que hemos participado, se utiliza la provincia de La Coruña como ejemplo sobre el que se realizan los cálculos de los modelos empleados. Esta provincia, como veremos más adelante, presenta un extraordinario interés para los análisis de accesibilidad por la peculiar dispersión de la población que origina una compleja red viaria. El análisis de accesibilidad territorial se empleará para poder relacionar las diferentes realidades geográficas existentes (edificación, redes de servicios, localización de

equipamientos, planeamiento urbanístico, etc.), poniendo de manifiesto la capacidad que las infraestructuras viarias ofrecen a los ciudadanos para acceder a determinados servicios básicos.

2. MODELOS DE ACCESIBILIDAD EN UN SIG

Los diferentes indicadores de accesibilidad que han ido apareciendo desde mediados del siglo XVIII, y que se pueden encontrar en multitud de referencias (Kansky, Zagozdzon, Shimbel, Koning, Hagërstrand, etc.) (ver Potrykowski y Taylor (5)), relacionan generalmente parámetros identificables o medibles sobre la superficie terrestre (distancias, localizaciones, tiempos, etc.) con simplificaciones más o menos acertadas. El hecho de que la mayoría de estos indicadores necesite datos obtenidos mediante análisis espacial o geográfico sobre una determinada región, ha supuesto que la aparición de los SIG haya permitido establecer diferentes algoritmos informáticos que han simplificado en gran medida los cálculos a realizar, aportando resultados más precisos, en menos tiempo y con una visualización y tratamiento posterior de los resultados mucho más eficaz. Algunos programas de SIG comerciales presentan variantes de alguno de los modelos planteados, y todos cuentan con funcionalidades espaciales que permiten realizar análisis de accesibilidad con estos u otros indicadores.

Al llevar las expresiones matemáticas de cálculo de accesibilidad al ámbito geométrico, se ha permitido desarrollar modelos de la realidad que, adecuadamente adaptados a los SIG, establecen áreas con accesibilidad diferencial en un territorio determinado. Los SIG de tipo vectorial se han utilizado en las últimas décadas como herramientas para evaluar y valorar la accesibilidad de la población a determinados bienes, especialmente mediante el uso del análisis de redes, entendiendo la red como un conjunto interconectado de entidades lineales que forman una estructura espacial por la cual se desplazan recursos, sean vehículos, personas, bienes o información. Las redes se representan sobre la base de segmentos y nudos que corresponden a cruces de segmentos, en sintonía con la teoría matemática de los grafos (Comas y Ruiz, 1993), pero su adaptación a la realidad territorial es mucho más adecuada para los cálculos de accesibilidad que las simplificaciones aplicadas en la teoría de grafos.

Podemos encontrar diferentes ejemplos de utilización de formatos vectoriales en entornos SIG para el cálculo de la accesibilidad. En los trabajos de Ramírez (6) sobre la accesibilidad a los hospitales públicos en la provincia del Chaco en Argentina (2003), se defiende que en un entorno SIG la accesibilidad geográfica puede ser entendida como el total de distancias recorridas por la demanda potencial que hace uso de un bien o servicio, y que se puede traducir como un producto entre la distancia que separa dos puntos (uno de oferta y otro de demanda) por la cantidad de población o usuarios que requieren ese bien o servicio. Experiencias sobre la accesibilidad en España y en Europa utilizando entornos vectoriales de los SIG tienen como referente a Gutiérrez Puebla (2), en colaboración con otros autores, tanto para el transporte por carretera como por ferrocarril (1993, 1994, 1995), en donde utiliza indicadores en función de la impedancia de viaje en la red de comunicación y en el peso asociado a cada nodo que se comunica, como se indica en la siguiente fórmula. Skov-Petersen (2001) (8) utiliza una formulación de funciones de impedancia siguiendo los principios defendidos por Tobler (1970) en los que formula como la primera ley de la geografía que aunque todo está relacionado, lo más cercano tiene más relación que lo distante. En este caso también se utiliza el modelo vectorial, creando polígonos de Thiessen para los nodos de la red de carreteras, y a través de él se le superponen las áreas forestales y se calcula la accesibilidad en Dinamarca a los espacios verdes desde las ciudades utilizando diferentes formulaciones. Rosero-Bixby (2003) (7) se decanta en su estudio sobre la accesibilidad a los servicios de salud en Costa Rica, por la utilización de un

método que relacione la menor distancia entre un origen y un destino caracterizado por la calidad de su servicio (tamaño, horario, especialidades, etc.), siguiendo los modelos de gravedad.

Sin embargo la mayor parte de estos trabajos no considera todo el territorio, sino que lo aísla en modelos arco/nodo de la teoría de grafos, mediante la localización de la población y de los servicios, y el trazado de la red viaria que los comunica. Se obtienen en estos casos valores de accesibilidad para los nodos comunicados, pero no para cada punto del territorio (aunque se extrapolen los valores de los nodos al resto de la región, los valores obtenidos en los puntos no reflejan realmente la accesibilidad de ese lugar). Para conseguir un modelo continuo se recurre a los modelos ráster, que aunque reduce la precisión geométrica de los elementos (dependiendo del tamaño de celda) ofrece unas capacidades analíticas mucho mayores, fundamentalmente a través del Álgebra de Mapas.

3. MODELO DE CÁLCULO DEL COSTE DE DESPLAZAMIENTOS

En esta nueva línea de investigación iniciada sobre la accesibilidad en la provincia de La Coruña se pretende conseguir dar un valor a cada punto de la provincia en función de la calidad de su comunicación con otros lugares de interés previamente señalados. La finalidad principal será determinar los lugares con buena o mala accesibilidad, y por lo tanto si el ciudadano está localizado en zonas con unos servicios adecuados, desde el punto de vista de accesibilidad geográfica. Para ello se debe evaluar todo el territorio como un espacio continuo, por lo que se recurre al formato ráster para representar los datos, realizar las operaciones necesarias y presentar los resultados gráficos. Concretamente se aplicará una función espacial que permite determinar el coste acumulado existente en el desplazamiento desde uno o varios puntos tomados como origen, al resto de puntos de una región. Por ser una función predefinida en algunos de los programas SIG más utilizados, su presencia en publicaciones sobre trabajos de accesibilidad es mayor que otros métodos (Farrow y Nelson (2001) (1), Pablo y ot. (2002) (4), Juliao (1998) (3), etc.).

En este método se precisa dividir todo el territorio a estudiar en celdas de tamaño homogéneo. A estas celdas se les asigna el coste que supone cruzarlas en función de las características territoriales que presenten (carreteras, ríos, áreas urbanas, pendiente del terreno, etc.). Se determina para cada celda el valor del menor coste acumulado en los desplazamientos desde un origen a través de una superficie de costes previamente definida. Esta función permite además obtener otros dos valores para cada celda, uno que determina la dirección seguida desde cada origen a cada uno de los puntos empleando el menor coste acumulado, y otra que asigna cada punto del territorio al origen más próximo, entendiendo proximidad como el menor coste necesario para llegar a él. Resumiendo, de los tres valores que se obtienen para cada celda, el primero determina la accesibilidad (medida en coste de desplazamiento) de cada punto respecto a un origen, el segundo permite establecer el camino óptimo desde cada punto al origen, y el tercero establece las zonas más próximas a cada uno de los orígenes empleados en el cálculo.

Para simplificar el algoritmo del modelo a utilizar, se considera que en el centro de cada celda existe un nodo al que se le asigna el coste íntegro de la celda, y que está conectado con las celdas adyacentes mediante enlaces. Sobre estos nodos se aplica un algoritmo de costo-distancia, calculando el coste acumulado en la ruta seguida desde una celda a otra. Este coste acumulado de pasar del nodo de una celda al de una de las celdas contiguas, tendrá en consideración las distancias entre los nodos a comunicar, y por supuesto, los costes de desplazamiento dentro de cada una de estas celdas (fig. 1). Con los costes acumulados del viaje, y mediante un método

iterativo, se determina la ruta que minimiza el coste de desplazamiento entre el origen y el destino.

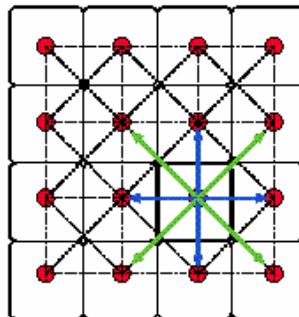


Fig. 1 Posibles comunicaciones entre nodos para calcular los costes de una ruta (Fuente: Pablo, F; Muñoz, C.; Myro, R. 2002)

Como ejemplo del funcionamiento de este operador espacial se presenta el siguiente caso, en el que el origen, o los puntos origen de los desplazamientos, se representan las celdas sombreadas de la figura 2. Toda la superficie a analizar se representará mediante el grid correspondiente, en el que cada celda tendrá un valor en función del coste (ya sea en tiempo, dinero, etc.) que supone atravesarla según las características territoriales o geográficas de cada zona. Además se conocen las dimensiones de cada celda (distancias), lo que permite realizar los análisis posteriores.

1	3	4	4	3	2
4	6	2	3	7	6
5	8	7	5	6	6
1	4	5	nodata	5	1
4	7	5	nodata	2	6
1	2	2	1	3	4

Fig. 2 Costes específicos para atravesar cada celda.

En el proceso de cálculo, como se indica en la figura 3, el valor de cada celda se obtendrá como media de los costes de cada una de las celdas contiguas, multiplicadas por la distancia que existe entre los centros de cada una de las celdas. En el caso de celdas unidas por los lados, el valor de la distancia corresponderá con el tamaño de la celda. Para el caso de celdas unidas por uno de sus vértices, esta distancia debe multiplicarse por la raíz de 2.

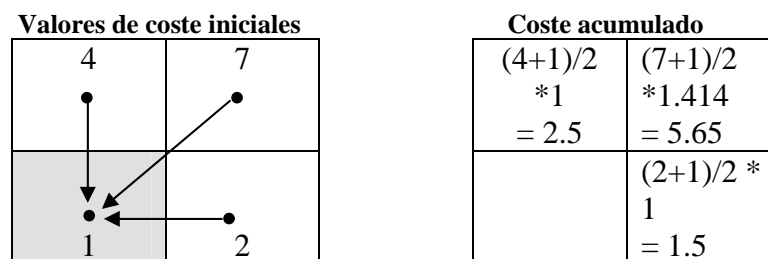


Fig. 3 Proceso de cálculo de costes acumulados de desplazamiento

El modelo genera un nuevo valor para cada una de las celdas mediante un proceso iterativo en el que a cada celda se le asigna el menor coste acumulado de desplazamiento hasta uno de los orígenes, que tendrán valor cero en el coste final (fig. 4). Para este ejemplo hemos considerado un tamaño de celda de 100 metros, en la que además se ha indicado con una flecha la dirección

de desplazamiento que representa el menor coste desde cada celda. Estas direcciones nos permiten asignar cada una de las celdas al origen correspondiente.

200 →	<u>0</u>	<u>0</u>	← 400		
450 ↑	400 →	<u>0</u>	← 250		
	↘ 707	450 ↑	↙ 495		
			nodata		
↓ 250	↘ 565		nodata		
<u>0</u>	150 ←				

Fig. 4 Costes y direcciones de desplazamiento desde las celdas de origen.

El proceso continúa de forma iterativa hasta completar todas las celdas del grid con valor no nulo. En este proceso puede darse la circunstancia de que el valor de una celda se modifique por otro menor si se consigue llegar a ese punto por un camino que le otorgue un valor más pequeño a la celda que el valor anterior a ese momento del cálculo. De esta forma se asegura que todas las celdas tengan el menor valor de entre todos los posibles.

Tras constatar la validez matemática del método para definir la accesibilidad territorial de una región, nos encontramos con la parte fundamental de cualquier proyecto de SIG: la calidad de los datos de partida. En este modelo se debe definir una superficie de costes de desplazamiento, que va a ser determinante en el desarrollo del cálculo posterior, y en la que hay que introducir un gran número de parámetros que pueden condicionar completamente el análisis. La correcta definición de estos parámetros, y la adecuada asignación de valores para los mismos, será el punto crítico para conseguir unos resultados que reflejen con fiabilidad la realidad existente.

3.1. Los datos de partida

En un estudio en el que se intenta analizar determinadas realidades territoriales, es absolutamente imprescindible disponer de datos geográficos fiables con los que poder realizar los cálculos precisos, y obtener así la mayor calidad posible en los resultados y las conclusiones que se alcancen. En este caso la mayor parte de los datos a utilizar provienen de los obtenidos en la Fase IV de la Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales de la provincia de La Coruña (EIEL). Este proyecto se desarrolló entre 2000 y 2002, mediante un convenio de la Excm. Diputación Provincial con la Universidad de La Coruña, en donde se constituyó un equipo formado por las Áreas de Urbanística y Ordenación del Territorio, Área de Tecnología del Medio Ambiente, y Área de Lenguajes y Sistemas Informáticos, con la participación activa del Laboratorio de Estudios Territoriales de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y del Laboratorio de Bases de Datos de la Facultad de Informática ¹.

¹ Este equipo de trabajo estuvo dirigido por Carlos Nárdiz Ortiz, y coordinado por una Comisión formada, además del propio director de la Encuesta, por Xosé Lois Martínez Suárez, Joaquín Suárez López y Nieves Rodríguez Brisaboa, profesores de la universidad pertenecientes respectivamente, a cada una de las áreas mencionadas. En esta Comisión de Coordinación se integró también, al Arquitecto Jefe (Francisco Freire) y al Arquitecto Técnico (Pedro González) de Servicio de Asistencia a Municipios de la Diputación Provincial, así como a diferentes investigadores de cada una de las áreas temáticas Carmen García, Jose Viqueira, Miguel Luaces, Ricardo Beltrán, Jesús Conde, Alfredo Jácome y, quién redacta

En este trabajo se consiguió construir una cartografía base uniforme a escala 1/5.000 de toda la provincia, sobre la que digitalizar y superponer las infraestructuras, equipamientos y aquellos elementos territoriales que tuviesen interés para la adecuada gestión de la EIEL. Aunque podría ser de interés explicar con detenimiento los objetivos, las particularidades y el proceso de elaboración de esta EIEL, entrar en estas cuestiones desbordaría los límites máximos de esta comunicación. Sin embargo, se quiere dejar constancia del control ejercido sobre los datos a manejar, del grado de detalle de los mismos, y de su fiabilidad para poder establecer a partir de ellos análisis y conclusiones que pudiesen ser relevantes (10).

3.2. Establecimiento de superficie de costes

Para conseguir ejecutar la función de coste-distancia antes descrita, debemos definir previamente un modelo ráster del ámbito territorial a estudiar a partir de los datos de partida con los que contamos. El tamaño de celda elegido debe tener en cuenta las capacidades del procesador del ordenador de cálculo a utilizar, así como la adecuada representación de los elementos geográficos que van a intervenir en los cálculos. Por poner un ejemplo de los elementos a tener en cuenta, el rango de valores del ancho del viario en la provincia de La Coruña va desde poco más de 1 metro en caminos rurales hasta los 30 metros en autopistas y autovías, centrándose la media de la provincia en los 3,77 metros de ancho. Aunque el tamaño de celda de un metro podría definir correctamente la red de carreteras, generaría unos tiempos de cálculo del procesador y unos tamaños de los archivos excesivamente elevados. Por otro lado el tamaño medio de las edificaciones ronda los 13,50 metros de lado, con lo que tamaños de celda mayores, omitirían gran parte de estos elementos. Con todo ello se optó por un tamaño de celda de 10 metros, que permite obtener un grado de detalle muy bueno, incluso en áreas locales, y refleja adecuadamente el viario y su entorno.

Otros trabajos que utilizan modelos similares al empleado en este proyecto, toman tamaños de celda de 100 metros, lo que no permite obtener análisis y estudios de la funcionalidad de las redes viarias locales, que en este trabajo se consideran esenciales. Normalmente los estudios de accesibilidad sólo atienden a la red viaria de mayor categoría, sin considerar a una gran longitud de carreteras que atienden a un importante número de habitantes, y más en el caso del territorio gallego, caracterizado por la dispersión y el diseminado de sus núcleos de población. En el caso de la provincia de La Coruña, esta red local en la que podemos incluir todas las carreteras municipales y prácticamente todas las de titularidad de la Diputación, suman aproximadamente 15.870 km, que representan el 88,26% del total de la red viaria coruñesa, y que se quedarían sin analizar si se considerase erróneamente no incluirlas en el cálculo. Además, con el objetivo de intentar reflejar lo más correctamente posible las comunicaciones viarias existentes, se incluyeron en el cálculo las calles de cada uno de los más de 4.000 núcleos de población encuestados en la EIEL.

Con el tamaño de celda de 10 metros, se determina un área de trabajo para cubrir toda la provincia formada por 14.161 filas y 13.173 columnas, que contienen 186.542.853 celdas, entre las cuales 79.608.944 representan el área de la provincia de La Coruña. Este tamaño celda origina que en algún caso, las operaciones calculadas generan grid de más de 1 Gb, que evidentemente aportan mucha información, pero ocupan un espacio del disco duro que puede resultar excesivo, por lo que deben ser tratados con especial atención.

Para la definición de los costes de desplazamiento por el territorio, se otorga a cada tipo de firme de las carreteras y las calles unas determinadas velocidades de desplazamiento. Estas velocidades son simplemente estimativas, y atienden fundamentalmente a criterios normativos según el reglamento de circulación por cada tipo de vía. Para estudios más precisos deberían medirse detenidamente las velocidades medias en cada uno de los tipos de viario, lo que se intentará realizar en posteriores etapas de esta investigación.

El resto de los elementos territoriales se supone que se recorren sin utilizar el coche, por lo que se utiliza el valor de la velocidad de caminar a pie, diferenciando las zonas dentro de los núcleos (en donde se supone una superficie más cómoda para caminar), del resto de la provincia, exceptuando los ríos, a los que se les asigna unos valores mucho mayores. A este conjunto de costes se le debe aplicar también la pendiente de la zona, al entenderse que se aumenta la dificultad de los desplazamientos, y en consecuencia, los tiempos de recorrido, según el grado de inclinación del terreno. Para obtener las pendientes se recurre a la generación de un TIN a partir de las curvas de nivel, que representan cotas distanciadas en 5 m. de altura, y a partir del TIN calculado se calculan las pendientes.

4. RESULTADOS DEL MODELO

Siguiendo las ideas de Loughlin (1971), creemos que los mapas son un instrumento inmejorable para describir la geometría de la red viaria y su funcionalidad sobre el territorio, por lo que las potencialidades de representación de los SIG permiten que los resultados de estos cálculos puedan visualizarse gráficamente mediante mapas geográficos, consiguiendo mayor profundidad y precisión en los análisis que se efectúen. Además los SIG permiten realizar tablas y gráficos con información detallada o estadística de los resultados alcanzados.

Una vez que tenemos definida la provincia dando valor a cada celda en función del tiempo que cuesta atravesarla, según el tipo de suelo que representa cada celda (tipo de firme del viario, núcleos, pendiente, ríos, etc.), se puede proceder a calcular los costes, en este caso los tiempos de desplazamiento desde cualquier punto de la provincia a los lugares que se tomen como referencia. Aunque se podría realizar para cualquiera de los lugares, equipamientos o infraestructuras que tenemos en la base de datos de la EIEL, para esta comunicación se ha preferido presentar como caso general los ayuntamientos de cada uno de los municipios. Se puede considerar como habitual que el ayuntamiento ocupe el lugar de mayor desarrollo dentro de cada municipio, tanto económico, como social y cultural. Por este motivo obtener los tiempos de desplazamiento desde cualquier punto del territorio hasta estos equipamientos singulares, ofrece una imagen del nivel de accesibilidad de todos los puntos de la provincia a los lugares de más importancia en cada municipio.

Al emplear el modelo comentado de coste-distancia en la provincia tomando como origen los ayuntamientos, podemos observar en primer lugar como la zona de influencia de cada uno de los ayuntamientos, estimada como aquella que presenta unos tiempos de desplazamiento menores a este tipo de equipamiento, difiere de los límites administrativos de los municipios. En la figura 5 pueden apreciarse las zonas de cada municipio que acceden con mayor rapidez a un ayuntamiento vecino, que al que le corresponde oficialmente por las delimitaciones administrativas marcadas. Estas zonas representan una superficie que supone aproximadamente un 26,8% de la superficie total de la provincia, y afectan al En cuanto a población, los habitantes afectados por residir en núcleos con peor accesibilidad al ayuntamiento de su municipio son aproximadamente 161.431, es decir, el 15,34% de la población total de la provincia (1.052.587 habitantes).

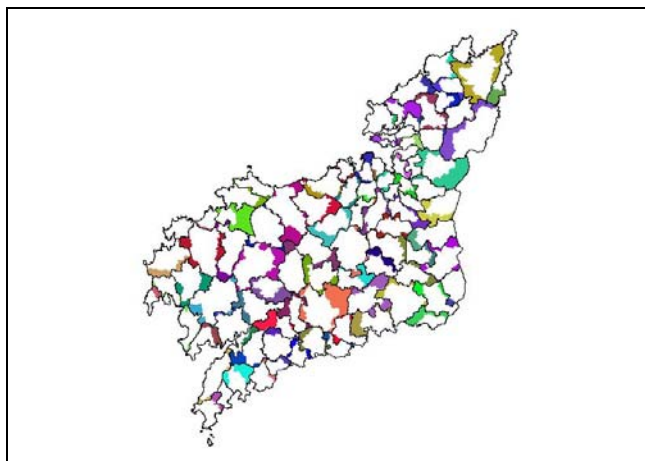


Fig. 5 Áreas de cada municipio que tienen más cercano en tiempo un ayuntamiento vecino.

Si representamos el valor concreto de los tiempos de desplazamiento al ayuntamiento más cercano, para cada uno de los puntos de la provincia de La Coruña, obtenemos un mapa similar al reflejado en la figura 6, en el que se ha realizado una división en 7 intervalos que atiendan con mayor detalle a los tiempos menores de 30 minutos.

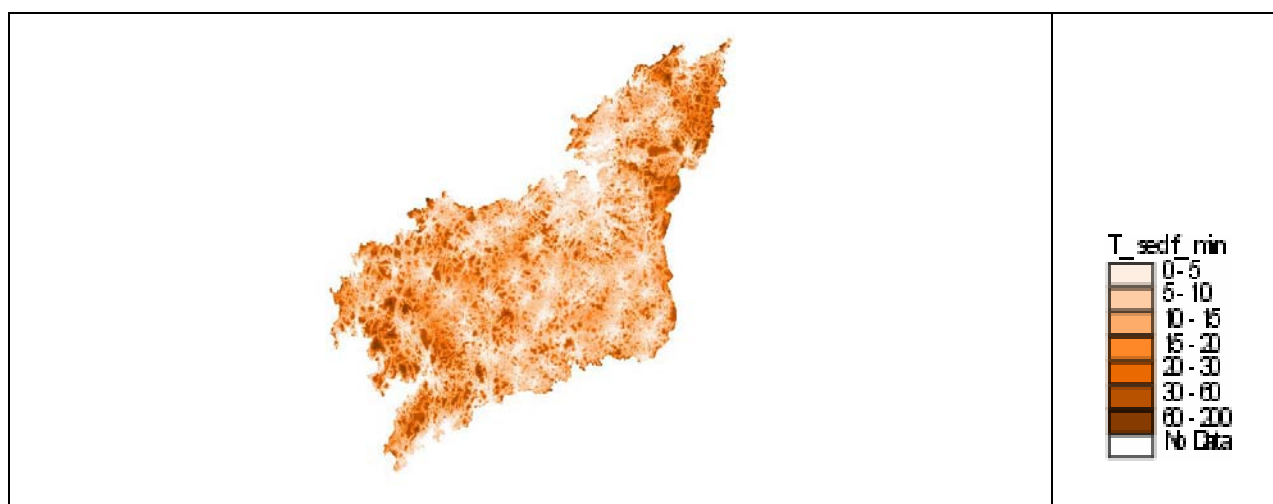


Fig. 6 Mapa de los tiempos de viaje desde cada punto de la provincia al ayuntamiento más accesible, entendido como el que presenta un menor coste de desplazamiento

Según esta clasificación apreciamos como prácticamente el 50% de la superficie de la provincia se encuentra a menos de 10 minutos de alguno de los ayuntamientos existentes, con las consideraciones de costes de desplazamiento que hemos realizado, y las velocidades medias admitidas. Evidentemente aquí no se tienen en cuenta retrasos debidos a diferentes efectos locales sobre los desplazamientos, como pueden ser congestiones en la circulación, zonas semaforizadas, tiempos de parada y arranque en intersecciones, etc. Todos estos condicionantes podrán ser incluidos en futuros estudios más pormenorizados y localizados sobre ámbitos territoriales más concretos.

Con estos datos se pueden establecer nuevas relaciones con diferentes elementos territoriales de la provincia. Un primer elemento que podemos analizar son los núcleos de población, que nos definirán el número de personas que se encuentra en cada uno de los intervalos de tiempo comentados. Este dato nos muestra que pese a la idea inicial de dispersión de la población, prácticamente el 100% de los habitantes se encuentran a menos de 15 minutos de un ayuntamiento (siempre con las salvedades de velocidades de viaje indicadas anteriormente).

Ante la evidente dispersión de la población en la provincia más que evidente al contemplar un mapa con los núcleos, este resultado nos indica que existe una red viaria suficientemente tupida para permitir acceder con cierta rapidez a los centros municipales desde cualquier vivienda. También tenemos que tener en cuenta que aproximadamente el 70% de la población coruñesa reside las 94 capitales de municipio, donde se sitúa el ayuntamiento.

Analizando con más detalle los resultados obtenidos en el modelo de accesibilidad, podemos hacer una zonificación de la provincia en función de la media obtenida en el cálculo de los tiempos de desplazamiento a los ayuntamientos cercanos. Se observa como los puntos más alejados a un ayuntamiento se sitúan a más de 3 horas (181,11 min.), correspondiente a un lugar situado en una zona montañosa. Como media se obtiene un valor de 14,22 minutos, que en principio parece aceptable. En el siguiente mapa (fig. 7) puede verse claramente la localización de los municipios según su nivel de accesibilidad, estableciendo en la provincia cinco rangos de tiempos medios (4-8 min; 8-12 min; 12-16min; 16-20 min; 20-25 min). Se aprecia como la zona central, correspondiente con el denominado Eje Atlántico, y que cuenta con el mayor desarrollo económico de la provincia, es el que cuenta con los mejores valores de accesibilidad. En el lado contrario se sitúan la franja norte limítrofe con la provincia de Lugo, y a zona de la Costa da Morte y las rías. Como zonas con mejor accesibilidad a su ayuntamiento aparecen zonas limítrofes a La Coruña y a Ferrol, aunque en este último caso excluyendo el municipio de Ferrol. Se debe tener presente, que este modelo de accesibilidad penaliza el tamaño de los municipios, ya que para extensiones grandes, los valores de tiempo aumentan.

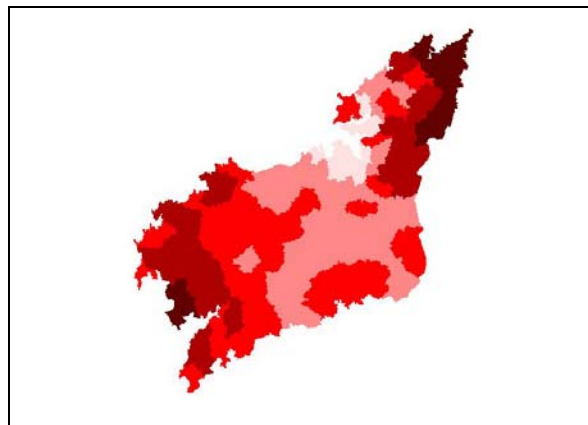


Fig. 7 Media de tiempos de desplazamiento a ayuntamiento por zonificación cercana.

Como análisis más regional, se calculan los tiempos de desplazamiento desde cualquier punto de la provincia a una de las tres ciudades existentes (La Coruña, Ferrol y Santiago de Compostela). Este análisis nos aporta la siguiente representación de los tiempos de desplazamiento, que llegan en algún punto a más de 220 min., aunque los valores medios de cada municipio apenas sobrepasan los 80 minutos para los términos municipales más alejados. Sin embargo esta casi hora y media de viaje a una ciudad determina enormemente la posibilidad de desarrollo económico y social de esos municipios, por lo que debería ser tenidos en cuenta en las planificaciones territoriales que elaboren.

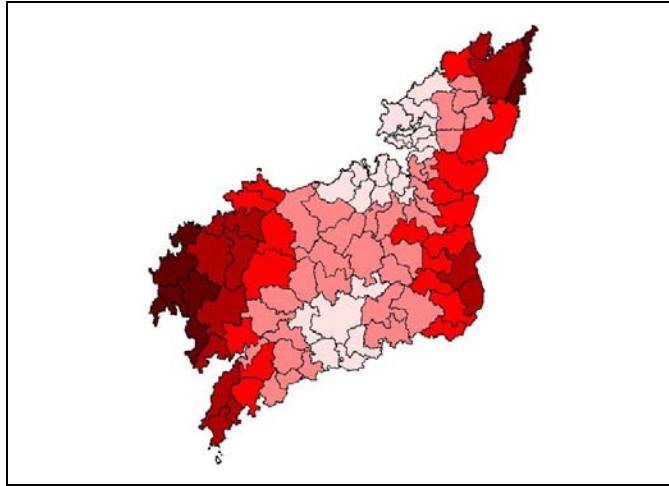


Fig. 8 Valores medios de los municipios del tiempo de desplazamiento a las ciudades

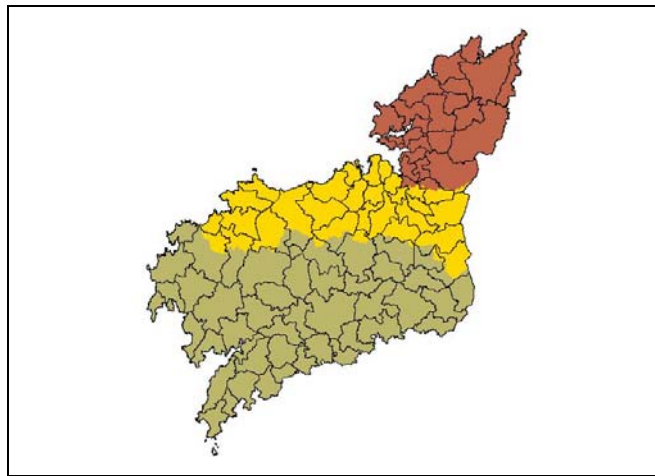


Fig. 9 Zonificación asignada a cada una de las ciudades.

5. BIBLIOGRAFÍA

- (1) FARROW, A.; NELSON, A. Modelación de la accesibilidad en ArcView 3. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 2001
- (2) GUTIÉRREZ PUEBLA, J.; González Aguayo, R. TRANSPORT IN EUROPE: A Study of Train Accesibility Using GIS. 1993
- (3) JULIAO, R. P. Measuring accessibility using GIS. 1998
- (4) PABLO, Federico; MUÑOZ, Carlos y MYRO, Rafael. Un análisis del efecto de la inversión en infraestructuras sobre la accesibilida del territorio a la red viaria de alta capacidad. XXIX Reunión de Estudios Regionales. 2002
- (5) POTRYKOWSKI, Marek y TAYLOR, Zbigniew. Geografía del Transporte. Editorial Ariel.1984.
- (6) RAMÍREZ, Mirta Liliana. Cálculo de medidas de accesibilidad geográfica, temporal y económica generadas mediante sistemas de información geográfica. I Congreso de la Ciencia Cartográfica. Buenos Aires. 2003
- (7) ROSERO-BIXBY, L. Spatial access to health care in Costa Rica and its equity: a GIS-based study. 2003
- (8) SKOV-PETERSEN, H Estimation of distance-decay parameters – GIS-based indicators of recreational accesibility. 2001

- (9) VARELA GARCÍA, Fco. Alberto.(2002) Estudio de la accesibilidad viaria en las comarcas de la provincia de La Coruña. Reflexiones sobre el modelo de ocupación territorial actual. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente (1) 625-645
- (10) VARELA GARCÍA, Fco. Alberto (2003) Los sistemas de información geográfica aplicados a la gestión de las infraestructuras. Congreso Internacional de Ordenación del Territorio. Zaragoza. 767-773