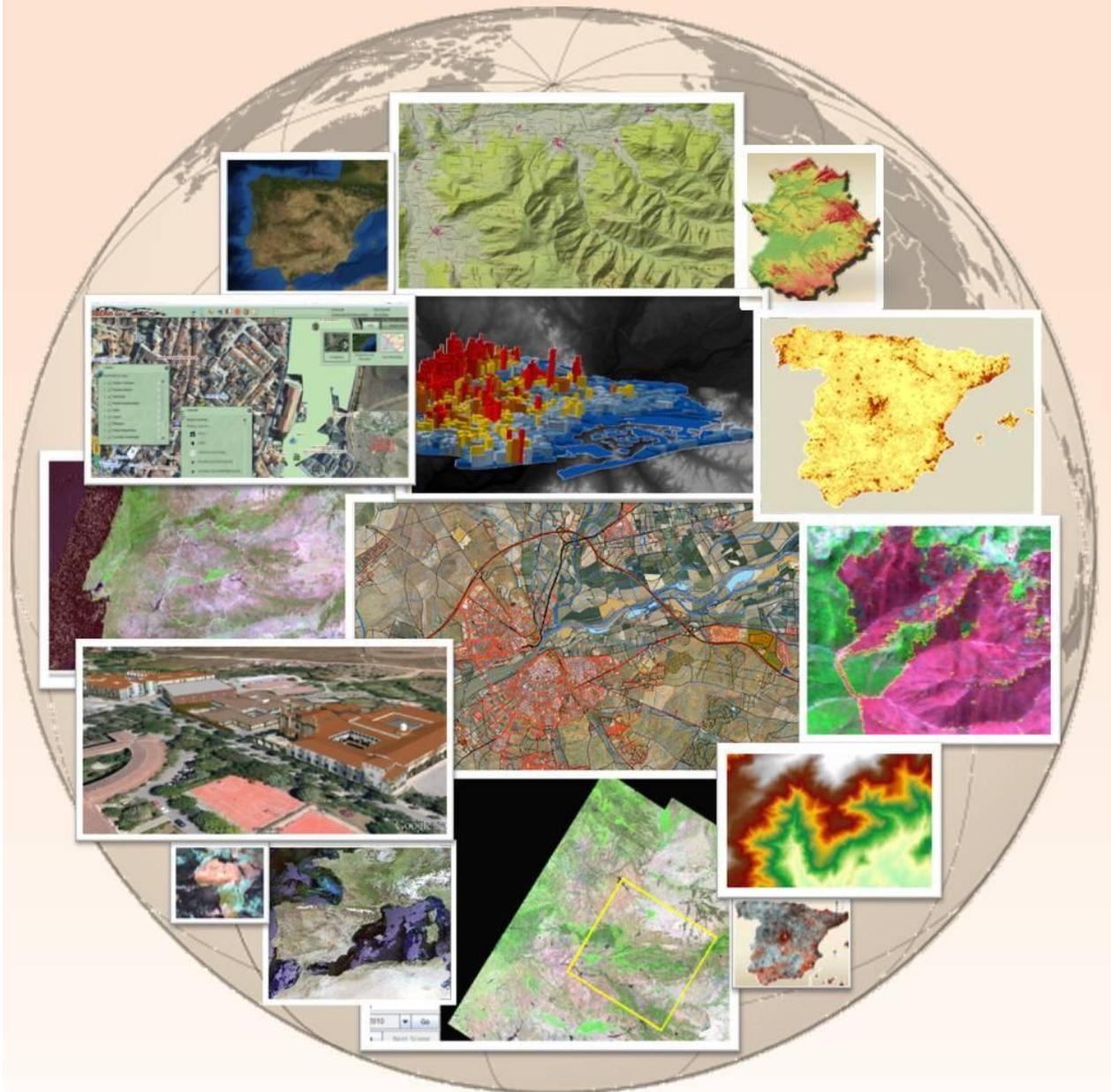


# ***APLICACIONES TIG EN EL ANÁLISIS TERRITORIAL*** ***Transferencia a Universidad, Sector Público y Empresas***

Nieto Masot, A. (Ed.)



## Editan:

Grupo de investigación en Desarrollo Sostenible y Planificación Territorial

Grupo de investigación Geo-Ambiental

Grupo de Investigación de Análisis de Recursos Ambientales (ARAM)



**JUNTA DE EXTREMADURA**

Consejería de Economía e Infraestructuras



**UNIÓN EUROPEA**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

Nieto Masot, A. (Ed.)

***APLICACIONES TIG EN EL  
ANÁLISIS TERRITORIAL.  
Transferencia a Universidad, Sector  
Público y Empresas***

©Nieto Masot, A. (Ed.), 2015  
© De los textos, sus autores, 2015

Colaboraciones:

Grupo de Investigación en Desarrollo Sostenible y Planificación Territorial de la Universidad de Extremadura

Grupo de Investigación Geo-Ambiental de la Universidad de Extremadura

Grupo de Investigación de Análisis de Recursos Ambientales de la Universidad de Extremadura

Primera edición: octubre - 2015

Diseño cubierta: Ana Nieto Masot

Texto y Fotografías interior: autores y archivos correspondientes

Impresión: Copegraf S. L.

Cáceres

Avenida Virgen de Guadalupe, 18

10001 Cáceres

Cáceres

ISBN: 978-84-608-2535-7

Depósito Legal: CC 289-2015

Impreso en España

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derecho Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

## Contenido

PRÓLOGO .....	9
Ana Nieto Masot	
EL SIG DE CÁCERES .....	11
Luis Antonio Álvarez Llorente y Faustino Cordero Montero	
ANÁLISIS MEDIANTE SIG DE LA SECA DE QUERCÍNEAS EN EXTREMADURA: GENERACIÓN DE UN MODELO ESPACIAL DE SUSCEPTIBILIDAD MEDIANTE MINERÍA DE DATOS .....	25
Jesús Emilio Arévalo Romero. y Joaquín Francisco Lavado Contador	
OS SIG NA GESTÃO PORTUÁRIA: O CASO DO PORTO DE SINES .....	43
Teresa Batista, Duarte Carreira e Eduardo Moutinho	
OBSERVATORIO TERRITORIAL Y AMBIENTALALENTEJO, EXTREMADURA, CENTRO (OTALEX C): DE GIS A IDE. ....	55
José Cabezas Fernández et al.	
COMARCALIZACIÓN Y ORDENACIÓN TERRITORIAL EN EXTREMADURA.....	67
Ángela Mª Engelmo Moriche	
DINÁMICA EXPERIMENTADA POR LOS USOS DEL SUELO EN MANZANARES EL REAL (MADRID): 1990-ACTUALIDAD .....	81
Macarena García Manso	
EL EMPLEO DE LAS TÉCNICAS SIG PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE RECURSOS SOCIOSANITARIOS A ESCALA LOCAL.....	99
Celeste García Paredes	
APLICACIONES DE LAS TIG EN EL PROYECTO ITINERE133: CAMINO A GUADALUPE .....	111
Raúl José González González	
LOS MODELOS GRAVITACIONALES COMO MÉTODO DE ANÁLISIS DE LA ATRACCIÓN COMERCIAL SOBRE EL TERRITORIO. APLICACIÓN EN LA CC.AA. DE EXTREMADURA ....	125
José Antonio Gutiérrez Gallego, José Manuel Pérez Pintor y Enrique E. Ruiz Labrador	
ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD OBLIGADA EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE CÁCERES. ACTUACIONES A FAVOR DE LOS DESPLAZAMIENTOS SOSTENIBLES .....	141
Francisco Javier Jaraíz Cabanillas, José Antonio Gutiérrez Gallego y Jin Su Jeong	

LA OCUPACIÓN EDIFICATORIA DEL SUELO EN MUNICIPIOS SIN PLANEAMIENTO URBANÍSTICO. EL CASO EXTREMEÑO.....	159
Victor Jiménez Barrado	
APLICACIONES T.I.G. EN PROYECTOS DE GEOGRAFÍA FÍSICA.....	175
Joaquín Francisco Lavado Contador, Susanne Schnabel, Alvaro Gómez-Gutiérrez, Manuel Pulido Fernández, Francisco Javier Lozano Parra, J. Ibáñez, Estela Herguido Sevillano y Judit Rubio Delgado	
LOS MAPAS TEMÁTICOS DE RIESGOS COMO ELEMENTOS DIVULGATIVOS Y DIDÁCTICOS DE CONCIENCIACIÓN SOCIAL.....	191
Enrique López Rodríguez	
ESTUDIO Y CARTOGRAFÍA DEL PAISAJE: EL MAPA DE PAISAJE DE EXTREMADURA .....	209
José Antonio Mateos Martín, Raquel López Hernández y Pablo Sánchez Ramos	
SIG PARA EL ANÁLISIS DEL ENVEJECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y LA GESTIÓN DE RECURSOS SANITARIOS Y SOCIO-SANITARIOS EN EXTREMADURA.....	225
Ana Nieto Masot, Celeste García Paredes y Gema Cárdenas Alonso	
APLICACIONES TIG EN EL ANÁLISIS Y GESTIÓN DE ESPACIOS RURALES Y URBANOS ....	241
Ana Nieto Masot y Gema Cárdenas Alonso	
LOS SIG EN LA GESTIÓN DEL REGADÍO: CANAL DE ORELLANA, BADAJOZ.....	255
Isabel Pérez Rebollo	
A Utilização de Análise Multicritério na determinação da aptidão biogeofísica DO TERRITÓRIO OTALEX C .....	265
Luís Quinta-Nova, Paulo Fernandez, Natália Roque, Suzete Cabaceira, José Cabezas, Luis Fernández-Pozo y Beatriz Ramírez	
APLICACIÓN DE SIG PARA LA OBTENCIÓN DE UNIDADES EDAFOAMBIENTALES EN EL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA .....	275
Beatriz Ramírez, Luis Fernández, José Cabezas, Victoriano Ramos, Paula Mendes, Carlos Pinto-Gomes y Teresa Batista	
METODOLOGÍA PARA AMPLIAR LA CARTOGRAFÍA CORINE MEDIANTE EL ANÁLISIS O.B.I.A. DE IMÁGENES LANDSAT.....	285
Victoriano Ramos, Beatriz Ramírez, Luis Fernández, José Cabezas, Carlos Pinto-Gomes, Paula Mendes y Teresa Batista	
ESTUDIO DEL USO DEL TRANSPORTE PÚBLICO COMO MODO DE ACCESO AL CAMPUS UNIVERSITARIO DE CÁCERES.....	297
Manuel Sánchez Fernández, José Antonio Gutiérrez Gallego y Elia Quirós Rosado	

# EL EMPLEO DE LAS TÉCNICAS SIG PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE RECURSOS SOCIOSANITARIOS A ESCALA LOCAL

Celeste García Paredes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Arte y Ciencias del Territorio, Universidad de Extremadura. Facultad de Filosofía y Letras, celeste@unex.es

## RESUMEN

*En una sociedad marcada por el envejecimiento demográfico la distribución adecuada de los recursos sociosanitarios es primordial. En el presente estudio se emplea uno de los modelos existentes de localización-asignación con la finalidad de establecer un patrón de distribución actual de los recursos sociosanitarios. Concretamente se analiza la localización de las residencias geriátricas y los centros de día de Badajoz, la ciudad más poblada de la Comunidad Autónoma de Extremadura. Se considera que la ejecución del método de cobertura máxima ayuda a resolver problemas de asignación oferta-demanda, determinando la localización óptima de los servicios y asignando a los puntos de oferta -en este caso de estudio las residencias geriátricas y centros de día- los puntos de demanda - la población mayor de 65 años por secciones censales-.*

*A través del uso de las técnicas SIG se ejecuta el modelo de cobertura máxima con un doble propósito: analizar la localización actual de los servicios y plantear el problema incremental, ubicando nuevas dotaciones adicionales a las ya existentes. Las soluciones obtenidas permitirán una mejor redistribución y ajuste entre la oferta y la demanda. Dibujando nuevos escenarios de expansión de recursos sociosanitarios en una ciudad de tamaño medio, amenazada según las proyecciones de población por un imparable incremento de los ancianos más longevos y dependientes, con altas probabilidades de que se conviertan en potenciales usuarios de las residencias geriátricas y centros de día*

*Palabras Clave: modelos de localización óptima, técnicas SIG, recursos sociosanitarios.*

## ABSTRACT

*The adequate distribution of health resources is very important in a society which is marked by the process of aging. In this study, allocation-allocation model is applied in order to establish a pattern of distribution of health resources. Specifically, the location of nursing homes and day centers are analyzed in Badajoz, which is the most populated city in Extremadura. The implementation of the method of maximum coverage helps solve supply demand llocation, determining the optimal location of services and assigning offer points -in this case nursing homes and day centers- to demand points-the population over 65years in the city's section-.*

*In this study we used the GIS tool called the model of maximum coverage with a dual purpose: to analyze the location of services and consider the issue of increasing the number of services, creating new buildings. The solutions are seeking a better redistribution and adjustment between supply and demand. These proposals are obtained by creating new scenarios of expansion of health resources in a medium-sized city, to be a hit increase of the oldest people and dependent elderly, according to population projections. In the future these people will have a high probability of becoming potential users of nursing homes and day centers.*

*Key Words: location-allocation model, GIS, health resources.*

## **OBJETIVOS**

En el presente estudio se propone un modelo de localización- asignación de la población mayor de 65 años a los servicios sociosanitarios que ya están ubicados en la ciudad de Badajoz, concretamente a los geriátricos y los centros de día. El motivo de la elección de la ciudad de Badajoz, pese a que en la actualidad sea una de las ciudades menos envejecidas de nuestra región (Nieto y García, 2014), obedece al hecho de que es la ciudad que alcanza el mayor número de población anciana en valores absolutos. Es esta población, sobre todo los ancianos que presentan un nivel de dependencia elevado, los que necesitarán una serie de cuidados denominados formales que deben ser prestados por la red de catálogos de servicios sociosanitarios de cada CCAA (García y Nieto, 2013). Del total de los servicios disponibles en Extremadura se ha decidido incluir en el análisis de este estudio las residencias geriátricas y los centros de día. Siendo conscientes de que en el caso de las residencias geriátricas la estancia de los usuarios será de una temporalidad larga o permanente, mientras que en el caso de los centros de día, se producirán una serie de movimientos pendulares diarios. Es aquí donde las técnicas SIG, a través de los modelos de localización óptima de equipamientos y servicios pueden ofrecer una buena herramienta para determinar si las ubicaciones actuales de las residencias y centros de día ya implantados es la correcta. De otro lado, estas técnicas ayudan a señalar nuevos destinos con una localización óptima que ayuden a establecer un equilibrio entre la oferta y la demanda de servicios. En definitiva, ayudan a tomar una serie de decisiones espaciales.

A la hora de planificar la ubicación de estos servicios de una forma óptima, deben de tenerse en cuenta ciertas cuestiones como la distribución espacial de las residencias y centros de día en la ciudad de Badajoz. Lo que se pretende analizar de partida es si estos servicios llegan en la actualidad a atender eficazmente a todas las personas que son potencialmente usuarios, es decir, si el radio de actuación es el adecuado. Siendo un objetivo primordial conocer la cobertura real socio-espacial de los recursos sociosanitarios a escala de detalle inframunicipal, utilizando de base cartográfica las secciones censales y las manzanas. Otra cuestión previa al análisis (a ejecutar el modelo) es conocer la accesibilidad espacial de la población a estos servicios, con el objetivo de conseguir que todos a la mayoría de los potenciales usuarios del servicio estén dentro de un tiempo o coste de desplazamiento al equipamiento que sea adecuado (Moreno, 2008), en nuestro caso de estudio este punto es más importante para la localización de los centros de día.

Se parte de la tesis de que el modelo de localización-asignación va a permitir determinar las ubicaciones más idóneas de cara a lograr la máxima cobertura de la población potencialmente usuaria, en nuestro caso los mayores de 65 años. Así como minimizar los costes de desplazamiento y asegurar que toda o parte de la población demandante esté dentro de un tiempo o distancia adecuada a la situación particular de cada análisis (Moreno, 1995), en nuestro caso se trata de desplazamientos dentro de una ciudad media. Para ello hay que establecer un peso determinado a la distancia medida en minutos y un peso relevante a la variable población mayor de 65 años. Determinando siempre que los movimientos se producen desde la población demandante hacia el equipamiento o instalación. Una última fase será la de valorar si después de ejecutar el modelo localización-asignación los resultados obtenidos son idóneos o no, en caso contrario se propondrá una nueva localización de posibles servicios –residencias geriátricas o centros de día- competidores. Siempre tomando la noción de partida de que se trata de un modelo matemático y dibuja unos escenarios hipotéticos, que sirven de ayuda para resolver problema locacionales (Bosque et al., 2000).

## **DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA OFERTA Y LA DEMANDA**

A la hora de desarrollar un modelo de localización-asignación, hay que tener en cuenta unas premisas que se repiten en dichos modelos, se trata de las características de los elementos que son comunes: la demanda, definida como las personas que desean utilizar el servicio/equipamiento y que se encuentran distribuidas en un área concreta (en este caso de estudio los distritos y secciones censales); la oferta, determinada por los lugares donde se sitúan las instalaciones (las residencias geriátricas o centros de día) en las que se le ofrece un determinado servicio a la población potencialmente usuaria; y por último, la red de transporte, se trata de las vías de comunicación y de relación entre la oferta y demanda, por ellas discurren los movimientos de las personas que permiten poner en uso los equipamientos (Bosque et al., 2000).

## Características de la demanda

Según el último Padrón Municipal de 2014, Badajoz era la ciudad más poblada de la Comunidad Autónoma de Extremadura, aglutinaba un total de 150.517 habitantes, de los cuales 22.322 tenían más de 65 años. Lo que arroja un Índice de vejez de un 14,8 %, un valor que se encuentra muy por debajo de la media regional y provincial situada en un 19,6 % y un 18,3% respectivamente. A pesar de contar con uno de los índices de vejez más bajos de toda la región, no hay que olvidar que acumula la mayor concentración de población mayor en términos absolutos. Precisamente son los usuarios que precisarán utilizar las residencias geriátricas o centros de día cuando su estado de salud empeore y comiencen a tener dificultades para realizar las actividades básicas de la vida diaria (Fernández-Mayoralas, 2003). Se considera que la escala espacial más adecuada para analizar la distribución de la población mayor en la ciudad de Badajoz, es la inframunicipal, definida por los distritos y secciones censales (Abellán y Puga, 2006). Dicha ciudad se encuentra dividida en 10 distritos y 106 secciones censales, que con una vasta extensión superficial del término municipal de 1.440,37 km<sup>2</sup>, es una característica geográfica a tener muy en cuenta en este tipo de modelos de localización óptima de recursos, junto al hecho de que la ciudad está atravesada por el río Guadiana, convirtiéndose ambos en factores negativos al dificultar la accesibilidad por el alto coste del tiempo que se emplea en los desplazamientos.

Si se observa la tabla 1, que muestra la distribución de la población por distritos censales, se aprecia como los distritos 05, 01 y el distrito 04 son los que padecen un envejecimiento demográfico más acentuado, con unos índices de vejez por encima del 17%, destaca el distrito 05 con un índice que casi roza el 30 %. Asimismo estos tres distritos registran un índice de envejecimiento muy elevado, el distrito 05 alcanza un 235 %, lo que significa que por cada 100 menores de 15 años se registran un total de 235 mayores de 65. Este hecho dispara los índices de dependencia de mayores hasta un 48,9 % para el distrito 05, un 28,4 % para el distrito 01 y un 26,3 % para el distrito 04. Estos tres distritos se localizan en el centro de la ciudad de Badajoz, concretamente en el casco histórico, áreas tradicionales de concentración de la población mayor (Sánchez, 2005).

**Tabla 1.** Población total, población mayor de 65 años e Índice de Vejez, de Envejecimiento, Dependencia Total, Dependencia de Menores y Dependencia de Mayores de la ciudad de Badajoz por distritos.

<i>Distrito</i>	<i>Población 2014</i>	<i>Pobla. 65 y más años</i>	<i>I. Vejez</i>	<i>I.Envejecimiento</i>	<i>I.Dep.Total</i>	<i>I.DepMen</i>	<i>I.DepMay</i>
Distrito 01	10.126	1.885	18,6	116,7	52,8	24,4	28,4
Distrito 02	8.545	1.181	13,8	77,6	46,2	26,0	20,2
Distrito 03	17.305	2.054	11,9	69,8	40,6	23,9	16,7
Distrito 04	23.098	4.038	17,5	108,8	50,5	24,2	26,3
Distrito 05	11.261	3.247	28,8	235,6	69,7	20,8	48,9
Distrito 06	7.118	994	14,0	72,8	49,6	28,7	20,9
Distrito 07	21.620	2.584	12,0	68,5	41,7	24,7	16,9
Distrito 08	12.524	1.356	10,8	61,4	39,8	24,7	15,1
Distrito 09	22.830	3.296	14,4	102,0	40,0	19,8	20,2
Distrito 10	16.090	1.687	10,5	52,4	43,8	28,8	15,1

Fuente: INE. Padrón Municipal 2014.

Los distritos más poblados, con más de 20.000 habitantes, se localizan por el contrario en las afueras de la ciudad, en los distritos más alejados del centro, excepto el distrito 04. Siendo esta población joven la que menos demandará los servicios sociosanitarios objeto de estudio. Los factores que explican la concentración de la población joven-adulta en las áreas más alejadas del centro responden a la mayor disponibilidad de un alquiler más barato o a la mayor disponibilidad de compra de las viviendas, fácil acceso a nuevas escuelas y centros de salud, buen acceso a grandes centros comerciales, zonas ajardinadas,... (Díaz et al., 2012). Este hecho se refleja en los bajos índices de vejez y envejecimiento que se alcanzan en los distritos y secciones censales que están más alejadas del

casco urbano, como son el distrito 07 y el distrito 09 (ver figura 1).

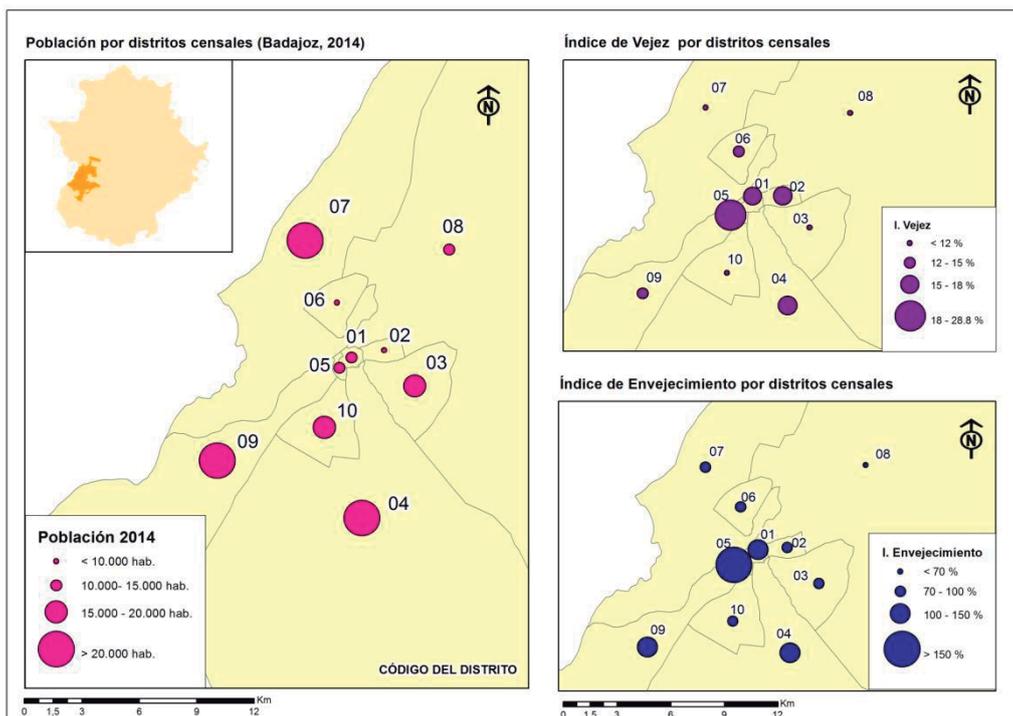


Figura 1. Distribución de la población total, índice de vejez e índice de envejecimiento por distritos censales de Badajoz (2014).

### Características de la oferta

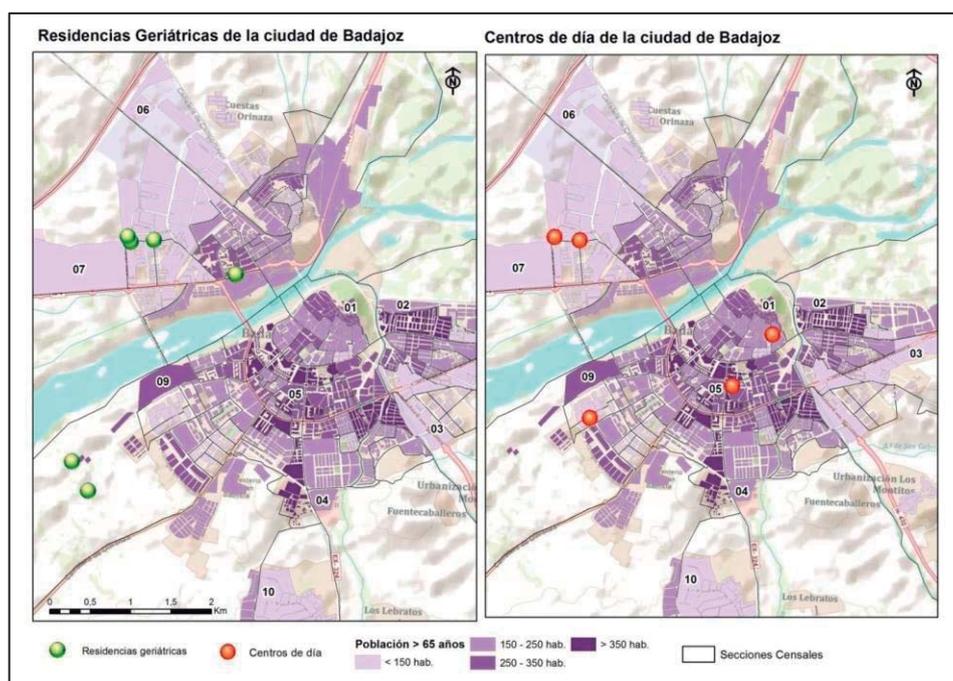
La cantidad de residencias geriátricas ubicadas en la ciudad de Badajoz asciende a un total de siete. De las cuales seis poseen una titularidad privada y tan solo una ostentaba una titularidad pública, queda patente el predominio de la oferta privada (García y Nieto, 2013). Tal es así, que del total de las 911 plazas disponibles en estas siete residencias, tan sólo 180 plazas están gestionadas por la Administración pública, se trata de la residencia de mayores La Granadilla, situada en el distrito 09 (ver tabla 2). En cuanto a la distribución espacial de las residencias señalar que todas se localizan en los distritos más alejados del centro de la ciudad, de hecho cuatro de las siete residencias totales se ubican en el distrito 07, que además era uno de los distritos que registraba un índice de envejecimiento más bajo de la ciudad. Estas cuatro residencias son Virgen de la Soledad, Residencia Puente Real, Residencia de Mayores Mapfre-Quavita y Residencia de Mayores Puente Real II (ver figura 2). A la hora de aplicar el método de localización-asignación se han tenido en cuenta el total de las siete residencias en condición de instalaciones candidatas, pero a la hora de resolver el modelo se establece la obligatoriedad de incluir solo a cinco residencias, que pasarán a ser requeridas.

**Tabla 2.** Residencias geriátricas de la ciudad de Badajoz.

<i>NOMBRE DE LA RESIDENCIA</i>	<i>TITULAR</i>	<i>TITULARIDAD</i>	<i>PLAZAS CAPACIDAD</i>	<i>DISTRITO</i>
La Granadilla	Consejería	Público	180	09
Ntra. Sra. de la Soledad	Congregación Religiosa	Privado	200	09
Hogar Lisardo Sánchez	Congregación Religiosa	Privado	40	08
Virgen de la Soledad	Empresa	Privado	130	07
Puente Real	Empresa	Privado	72	07
Mapfre-Quavitae	Empresa	Privado	150	07
Puente Real II	Empresa	Privado	139	07

Fuente: SEPAD (Gobierno de Extremadura)

El otro servicio socio-sanitario que se va a incorporar en el modelo son los Centros de Día, es un servicio que posee un carácter positivo desde el punto de vista social, puesto que permite que las personas mayores continúen viviendo en la casa familiar, de tal forma que el nexos familiar continúa existiendo y es una forma de evitar el ingreso de la persona mayor en un centro geriátrico (Edwards, 2001; Espina, 2004). A la vez, permite un ahorro no sólo para las familias -puesto que es mucho más económico un centro de día que una residencia- sino también para la Administración siendo el objetivo primordial de ésta la prestación de un servicio adecuado a las necesidades de la persona dependiente (Fernández-Mayoralas et al. 2003). Es decir, si una persona mayor aún es lo suficientemente autónoma para poder vivir en su casa, acudiendo a un centro de día si lo necesita, no tiene por qué ingresar en una residencia geriátrica, y se optimizan mejor los recursos tanto familiares como de la Administración en la atención a la dependencia. La ciudad de Badajoz cuenta con un total de seis centros de día y unidades de atención diurna, de los que tan sólo dos se localizan en el centro de la ciudad, se trata del Centro de día Cruz Roja ubicado en el distrito 01 y el Centro de día de Alzheimer ubicado en el distrito 04 (ver figura 2). Según las estadísticas proporcionadas por el SEPAD, la capacidad de cada centro de día oscilaba entre las 35 y las 30 plazas. Los usuarios potenciales de este servicio, tienen que desplazarse diariamente desde sus hogares hasta las instalaciones, por lo que la accesibilidad y la impedancia calculada en minutos se van a convertir en unas variables con un factor de peso muy notorio dentro del modelo.

**Figura 2:** Localización de las residencias geriátricas y centros de día.

## **METODOLOGÍA: MODELO LOCALIZACIÓN-ASIGNACIÓN**

Para resolver los problemas que se plantean de localización óptima de recursos sociosanitarios, se ha empleado el modelo denominado “localización-asignación” que está integrado en la herramienta Network Analyst del software ArcGIS. En el presente estudio se abordará el problema de la localización de las siete residencias geriátricas y los seis centros de día de la ciudad de Badajoz con un doble objetivo: por un lado, encontrar la localización óptima, y por el otro determinar la asignación de demanda a dichos centros. A partir de esta doble necesidad de resolución se desarrollan los modelos de localización-asignación. En síntesis, estos modelos intentan por un lado evaluar las localizaciones actuales de los centros de servicio en base a la distribución de la demanda, en nuestro caso vendrá marcada por la población mayor de 65 años, y por otro generar alternativas para lograr una distribución espacial más eficiente y/o equitativa. Con la obtención de un resultado donde se plasme la búsqueda de las ubicaciones óptimas (localización de las instalaciones) y se determine las mejores vinculaciones de la demanda (población asignada a una instalación candidata).

Estos modelos necesitan una red de instalaciones (oferta) distribuida de manera puntual, por lo que tanto las residencias como los centros de día se incorporan en formato puntual y una población potencialmente usuraria (demanda) que por motivos de simplificación se ha decidido añadir al modelo en formato de centroide de las 106 secciones censales de la ciudad de Badajoz. Cada centroide contiene la siguiente información: población total de 2014, grupos de menores, adultos y mayores e índices de envejecimiento respondiendo al modelo metodológico de distribución expuesto en los párrafos anteriores. Cuando se ejecutan este tipo de modelos de localización-asignación los cálculos deben ser muy grandes, por lo tanto se buscan mecanismos heurísticos (procedimientos de prueba y error en una aproximación continua a la mejor solución) para la obtención de resultados (Densham y Rushton, 1992). Según Buzai y Baxendale (2008) el principal tratamiento heurístico utilizado para este tipo de resoluciones es el desarrollado por Teitz y Bart, el cual básicamente cumple los siguientes pasos:

- Selecciona aleatoriamente una solución inicial
- Asigna la demanda a la solución
- Calcula los valores de solución de la función objetivo
- Sustituye aleatoriamente un sitio candidato por otro
- Calcula los valores de solución de la función objetivo
- Si el segundo valor es mejor, esta solución sustituye a la otra; si es peor se queda con la primera.
- Vuelve a realizar el procedimiento hasta que no encuentre un valor mejor en la solución

El algoritmo corre hasta que no puede encontrarse una mejor solución, pero como ésta quizá no sea la mejor global, generalmente el procedimiento se repite 10 veces partiendo de 10 distribuciones aleatorias. Finaliza cuando tres veces se repite una misma solución, pero si luego de los diez procedimientos nos encontramos con diez soluciones diferentes, sólo se elige la mejor, es decir, aquella que se aproxima más a la función objetivo.

Como lo que se persigue es ofrecer una mayor cobertura a la población se optó por seleccionar el modo Cobertura máxima, cuyo objetivo es maximizar la cantidad de demanda que se encuentra dentro de una distancia dada (Fuenzalida y Moreno, 2010), en nuestro caso se ha fijado una distancia de 15 minutos desde la ubicación de la población demandante (los centroides de las secciones) a las residencias y centros de día candidatos. Se parte de la idea de que si se aumenta esta distancia la población que se desplazará hasta este equipamiento será menor, en nuestro caso de estudio sobre todo para el uso de los centros de día. Por lo que se establece este límite con el objeto de que la mayoría de la demanda se encuentre a menos de quince minutos de distancia de la residencia o centro de día.

Una vez aplicado el modelo de localización-asignación de las residencias geriátricas, se ejecutará de nuevo el modelo para buscar nuevas localizaciones de la oferta, es decir, se busca la localización óptima de nuevas instalaciones. Con el propósito de ofrecer a la población demandante del casco antiguo de Badajoz - concretamente a los distritos 01, distrito 04 y distrito 05- una alternativa debido a la asignación masiva de población hacia una instalación candidata. Para ello, se tendrá en cuenta

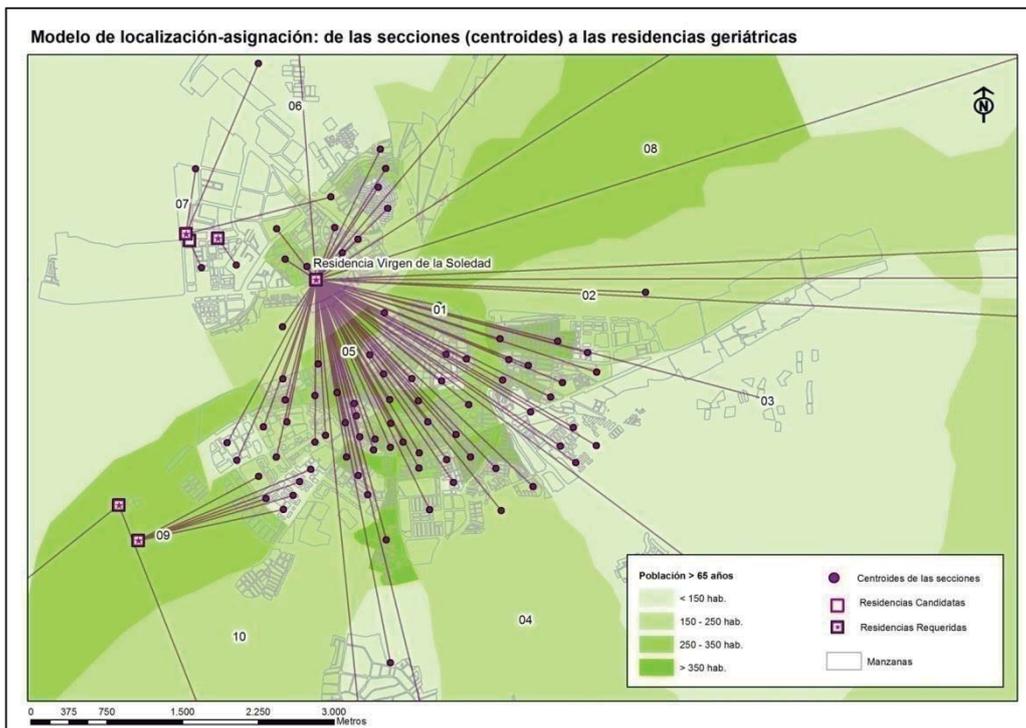
primeramente la determinación de posibles sitios candidatos, tomando como principal factor de decisión la concentración de una mayor demanda. En principio, se optará por añadir al modelo tres posibles puntos seleccionables –nuevas residencias- con la finalidad de elegir la mejor localización de una residencia requerida en base al método aplicado, en nuestro caso el modo Cobertura máxima de la población.

## RESULTADOS

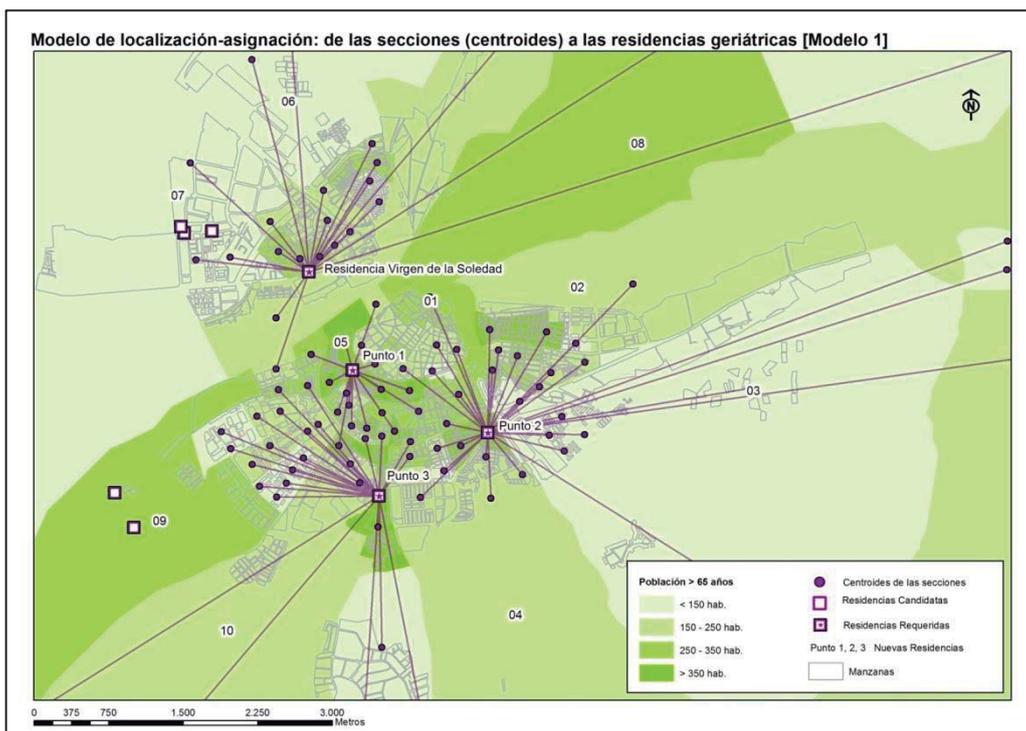
Los resultados obtenidos al ejecutar el primer caso de estudio del modelo localización-asignación de las residencias geriátricas, donde se parte con siete residencias candidatas y cinco requeridas, muestran como la población demandante debe desplazarse desde las secciones ubicadas en el centro de Badajoz hacia una residencia requerida concreta, denominada Residencia Virgen de la Soledad ubicada en el distrito 07. La solución del modelo muestra una asignación de 87 centroides (puntos de demanda) hacia la misma residencia (ver figura 3), obteniendo por lo tanto un peso muy elevado, una cifra que ronda los 16.000 posibles demandantes. Se trata de la suma de la población mayor de 65 años de las 87 secciones centrales ubicadas en el centro de la ciudad, que evidentemente no todos serán futuros usuarios de este servicio. Esta primera asignación responde a la característica de que las siete residencias geriátricas se ubican en su totalidad en las afueras de la ciudad, quedando desprovistos los distritos ubicados en el centro de una localización próxima a una residencia. Además hay que señalar que eran estos distritos los que aglutinaban a un mayor número de población mayor y alcanzaban los índices de envejecimiento más elevados.

Tras esta primera prueba y dados los resultados alcanzados, se decidió ejecutar de nuevo el modelo de localización-asignación, pero esta vez se han incorporado tres posibles nuevas residencias candidatas ubicadas en el centro (distrito 04, 05 y 10) en base a una mayor concentración de la demanda. Si a la hora de ejecutar el modelo, se establece que las residencias requeridas tienen que ser obligatoriamente cuatro, el modelo de asignación cambia significativamente. Siendo estas tres nuevas residencias candidatas como las elegidas junto a la Residencia Virgen de la Soledad (ver figura 4), seleccionada como residencia requerida en el modelo anterior. Esta vez los resultados obtenidos son más equitativos:

- Punto 1: 17 centroides asignados, con un peso 5.158 personas mayores de 65 años.
- Punto 2: 34 centroides asignados, con un peso 6.145 personas mayores de 65 años.
- Punto 3: 27 centroides asignados, con un peso 4.743 personas mayores de 65 años.
- Residencia Virgen de la Soledad: 22 centroides asignados, con un peso 3.127 personas mayores de 65 años.



**Figura 3.** Modelo de localización-asignación de la población mayor de 65 años (centroides de las secciones censales) a las residencias geriátricas ubicadas en la actualidad en la ciudad de Badajoz.

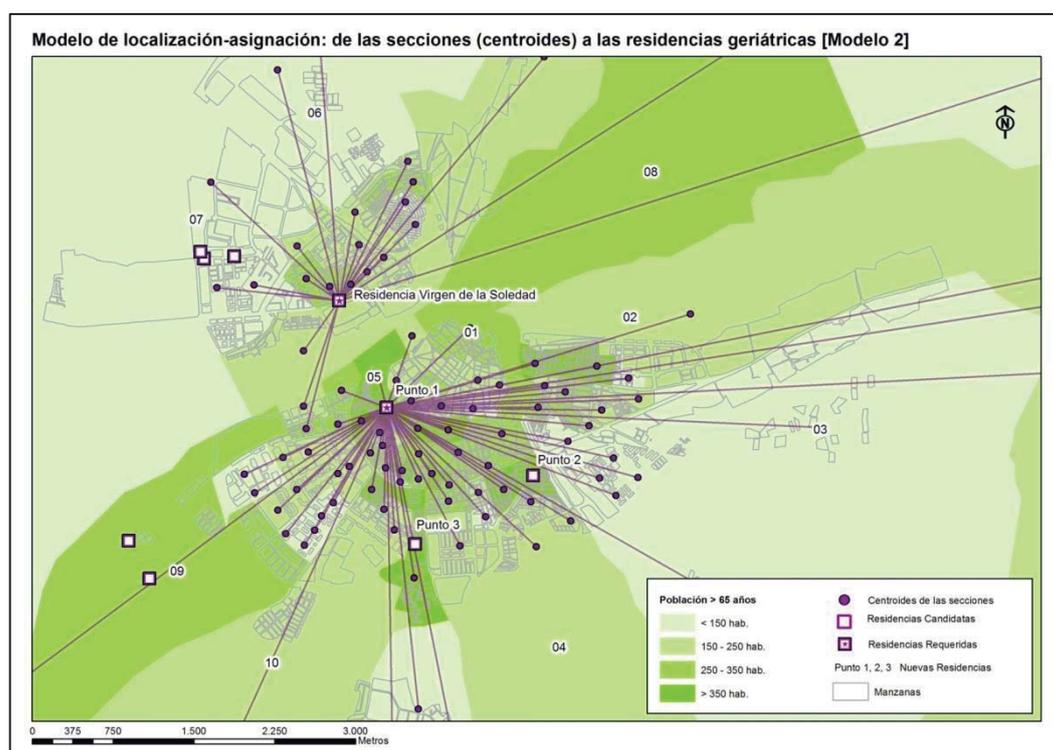


**Figura 4.** Modelo de localización-asignación de la población mayor de 65 años (centroides de las secciones censales) a las residencias geriátricas, con tres nuevas residencias (punto 1, 2 y 3).

Por último, se ejecutará de nuevo el modelo esta vez restringiendo el número de residencias requeridas tan solo a dos, con el propósito de averiguar cuál sería la localización más correcta en caso de ubicar una nueva residencia en el centro de la ciudad de Badajoz. Hay que recordar que a la hora de ejecutar el modelo, en las instalaciones se agregan las siete residencias que ya están ubicadas en la

ciudad y que se añaden las tres posibles nuevas residencias, señaladas anteriormente. Con esta prueba lo que se pretende es averiguar cuál de estas tres posibles nuevas residencias se ubica en el lugar más idóneo, teniendo como principal finalidad cubrir la máxima demanda. Los resultados obtenidos muestra como pasan a ser solamente dos residencias las requeridas, se trata del Punto 1 y de la Residencia Virgen de la Soledad (ver figura 5). Por lo tanto, la ubicación más adecuada para la instalación de una nueva residencia geriátrica en el centro de Badajoz sería la denominada Punto 1, situada en el distrito 05. Eso sí, los resultados que se obtienen son más asimétricos, puesto que el peso que ahora deberían de soportar estas dos residencias requeridas es muy alto:

- Punto 1: 77 centroides asignados, con un peso 15.258 personas mayores de 65 años.
- Residencia Virgen de la Soledad: 23 centroides asignados, con un peso 3.500 personas mayores de 65 años.
- 



**Figura 5.** Modelo de localización-asignación de la población mayor de 65 años (centroides de las secciones censales) a las residencias geriátricas, con tres nuevas residencias (asignación de localización óptima).

Al aplicar el modelo de localización-asignación a los Centros de día y atención diurna, los resultados obtenidos distan de los alcanzados con las residencias geriátricas, debido básicamente a una distribución y localización más adecuada de dichos centros. Al contrario que ocurría con las residencias, se parte del hecho positivo de la ubicación de dos centros de día en el centro, uno situado en el distrito 01 y el otro en el distrito 04. Esta característica va a marcar sustancialmente de una forma más resolutiva los resultados obtenidos, puesto que la asignación será más homogénea. En este caso se ha determinado fijar en seis los centros candidatos y a la vez, seleccionar que sean cuatro los centros finalmente elegidos o requeridos. Si se observa la figura 6, se aprecia como se asigna la población potencialmente demandante a estos cuatro centros requeridos, los resultados obtenidos pasamos a resumirlos en los siguientes apartados:

- Punto 1: 33 centroides asignados, con un peso de 6.176 personas mayores de 65 años.
- Punto 2: 14 centroides asignados, con un peso de 4.251 personas mayores de 65 años.
- Punto 3: 20 centroides asignados, con un peso de 2.671 personas mayores de 65 años.
- Punto 4: 33 centroides asignados, con un peso de 5.991 personas mayores de 65 años.

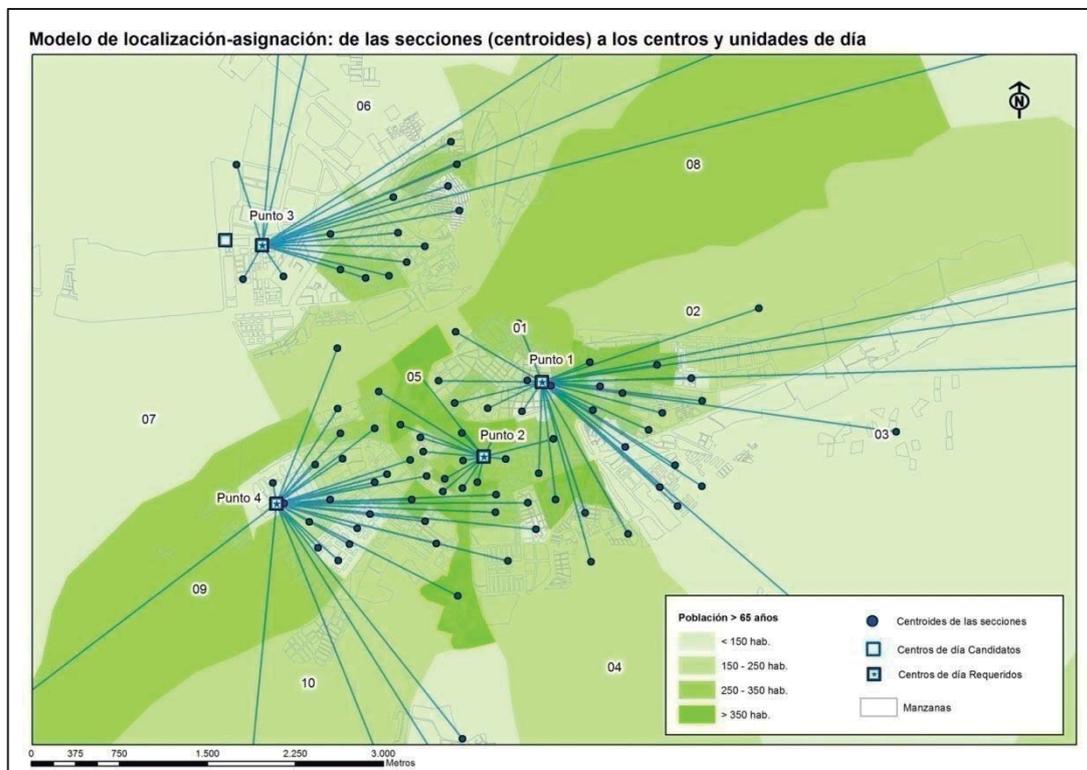


Figura 6. Modelo de localización-asignación de la población mayor de 65 años (centroides de las secciones censales) a los centros y unidades de día.

## CONCLUSIONES

La localización óptima de los servicios y equipamientos es una cuestión clave a la hora del reparto equitativo del acceso a los servicios básicos como son las residencias geriátricas y los centros de día en una sociedad que presenta ya unos rasgos evidentes de padecimiento de un envejecimiento demográfico severo. Según las estadísticas que presentan Naciones Unidas, las sociedades económicamente desarrolladas están destinadas a incrementar el número de individuos que superen la edad de 65 años, debido a las altas esperanzas de vida que se alcanzan ya en la actualidad y se prevé continúen con esta tendencia (Edwards,2001: Fernández-Mayoral, 2003). Es por ello, que la sociedad tiene que estar preparada para ofrecer una gestión óptima de sus equipamientos y servicios encaminados a cubrir las necesidades que requieran esta población que alcance una edad avanzada. Los modelos de localización-asignación se han convertido en una herramienta SIG muy útil para dibujar escenarios presentes, teniendo siempre en cuenta tanto la oferta existente como la demanda, que se convierte en posibles usuarios potenciales.

En nuestro caso de estudio, nos hemos centrado en la localización actual de las residencias geriátricas y centros de día que ya están asentados en la ciudad de Badajoz. El primer propósito era averiguar cuál era el modelo actual de asignación de población demandante a las instalaciones candidatas aplicando modelos de localización-asignación. Los primeros resultados obtenidos muestran como al no contar con ninguna residencia en el centro de la ciudad de Badajoz, obliga a desplazarse a la población mayor de 65 años a la residencia que presenta una localización más óptima (Residencia Virgen de la Soledad), medido el coste de desplazamientos en minutos y que presenta una mejor accesibilidad a través de la red de comunicaciones. Para asegurar una solución locacional en la búsqueda de una mayor eficiencia y equidad espacial (Moreno, 2008) de las residencias geriátricas se

ha planteado la posibilidad de ubicar tres nuevas instalaciones en el centro de la ciudad, para satisfacer con mayor capacidad la demanda distribuida. En un primer momento aparecían estas tres nuevas residencias como instalaciones requeridas, puesto que el modelo asignaba la población demandante en forma de centroides más próximos a ellas, aportando unos resultados más homogéneos en cuanto al reparto de la demanda. Al realizar otro ensayo, esta vez determinando únicamente dos instalaciones como requeridas, el modelo cambia sustancialmente, eligiendo solo a una de las tres nuevas residencias propuestas. Lo que asegura la utilidad de esta herramienta SIG en el campo de la localización óptima de servicios, generando varios escenarios y aportando soluciones a un problema de asignación de población potencialmente usuaria a las residencias geriátricas. Asimismo, estos modelos ayudan a quedar de manifiesto las posibles irregularidades que están presentes en el territorio y aportan soluciones hipotéticas de localización óptima de un servicio, bajo la premisa de la eficacia espacial.

El modelo obtenido en los centros de día, ayuda a dibujar la asignación de la población de demanda, teniendo en cuenta el grado de correspondencia entre la ubicación real de los puntos de oferta y la distribución espacial de dicha población. Los resultados alcanzados permiten una aproximación válida a la solución de problemas de localización, suponiendo una ayuda para la toma de decisiones a la Administración y a las Instituciones que gestionan la red de servicios. Ofreciendo modelos que garanticen el acceso igualitario, racional y óptimo de la población a los servicios sociosanitarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abellán, A. y Puga, D. (2006): Las escalas territoriales del envejecimiento. *SEMATA, Ciencias Sociales e Humanidades*, 18: 121-141.
- Bosque, J.; Gómez, M.; Moreno, A.; Dal Pozzo, F. (2000): Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos. *Estudios Geográficos*, LXI (241): 567-598.
- Buzai, G.D. y Baxendale C. A. (2008): Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: análisis espacial de escuelas EGB en la ciudad de Luján. En Moreno, A. y Buzai, G.D. (eds) *Análisis y planificación de servicios colectivos con sistemas de información geográfica*. Madrid, pp. 95-116.
- Densham, P.J. y Rushton, G. (1992): Strategies for solving large location-allocation problems by heuristic methods. *Environment and Planning A*, 24: 289-304.
- Díaz, P.; Vallejo, I. y Ojeda, J. (2012): Espacialización de datos poblaciones de la provincia de Cádiz a escala de detalle. En las *Actas del XV Congreso Nacional de Tecnología de la Información Geográfica*. Asociación de Geógrafos Españoles-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 279-287.
- Edwards, P. (2001): Salud y envejecimiento. Un documento para el debate. *Perfiles y Tendencias, Boletín sobre el envejecimiento*, vol. 4 y 5: 1-40.
- Espina, A. (2004): Estado del bienestar y teorema de la imposibilidad. *ICE, Revista de Economía*, 815: 61-80.
- Fernández-Mayoralas Fernández, G., Rojo Pérez, F, Abellán García, A. y Rodríguez Rodríguez, V. (2003): Envejecimiento y salud. Diez años de investigación en el CSIC. *Revista de Gerontología*, 13-1: 43-46.
- Fuenzalida, M. y Moreno, A. (2010): Diseño con SIG de la localización óptima de centros de atención primaria de salud, discriminando según estatus socioeconómico. En Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla, pp: 453-465.
- García, C. y Nieto, A. (2013): Distribución y localización de los servicios sociosanitarios en Extremadura: las residencias geriátricas. En Gutiérrez, J. A. et al (Eds.) *Los servicios: dinámicas, infraestruc-*

*turas y cohesión territorial*. Asociación de Geógrafos Españoles y Universidad de Extremadura, Cáceres, pp. 181-197.

Moreno, A. (2008): Los servicios colectivos y el desarrollo territorial: una reconsideración conceptual y metodológica. En Moreno, A. y Buzai, G.D. (Eds) *Análisis y planificación de servicios colectivos con sistemas de información geográfica*. Madrid, pp. 5-23.

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

Nieto, A. y García, C. (2014): Análisis del envejecimiento demográfico en Extremadura a escala de detalle: distritos y secciones censales. En *Actas del XIV Congreso de la Población Española*. Grupo de Población de la Asociación de Geógrafos Españoles, Sevilla, pp. 83-94.

Sánchez, D. (2005): El proceso de envejecimiento demográfico en Granada y su área metropolitana. *Cuadernos Geográficos*, 37 (2005-2): 185-199.