

SOLUCIONES ESPACIALES A PROBLEMAS SOCIALES URBANOS

APLICACIONES DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA A LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN MUNICIPAL

Santiago Linares
(coordinador)



Autores: Gustavo Buzai | Adela Tisnés | Juan Pablo Celemín | Natasha Picone
Inés Rosso | María Lorena La Macchia | Mauro Ortmann

Prólogo de Antonio Moreno Jiménez

SOLUCIONES ESPACIALES A PROBLEMAS SOCIALES URBANOS

APLICACIONES DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
A LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN MUNICIPAL

SOLUCIONES ESPACIALES A PROBLEMAS SOCIALES URBANOS

APLICACIONES DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
A LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN MUNICIPAL

Santiago Linares
(coordinador)

Adela Tisnés

Gustavo Buzai

Inés Rosso

Juan Pablo Celemín

María Lorena La Macchia

Mauro Ortmann

Natasha Picone

Santiago Linares

Prólogo: Antonio Moreno Jiménez

Soluciones espaciales a problemas sociales urbanos: aplicaciones de tecnologías de la información geográfica a la planificación y gestión municipal / Adela Tisnés ... [et al.]; coordinación general de Santiago Linares; prólogo de Antonio Moreno Jiménez. - 1a ed. - Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2016.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-658-392-7

1. Municipalidad . 2. Relaciones Estado y Sociedad. 3. Geografía Cultural. I. Tisnés, Adela II. Linares, Santiago , coord. III. Moreno Jiménez, Antonio, prolog.

CDD 307.76

Este libro fue sometido a evaluación externa por la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

Diseño de tapa, diseño interior y maquetación

María Cecilia Aimaretti

ISBN 978-950-658-392-7

ÍNDICE

PREFACIO	7
PRÓLOGO <i>Antonio Moreno Jiménez</i>	9
GEOGRAFÍA APLICADA	
CAPÍTULO 1. Geografía aplicada a la solución de problemáticas sociales <i>Gustavo D. Buzai</i>	17
APLICACIONES A SERVICIOS SOCIALES	
CAPÍTULO 2. Asignación territorial de recursos en políticas sociales <i>Santiago Linares</i>	33
CAPÍTULO 3. Determinación de recorridos óptimos en servicios sociales de transporte <i>Santiago Linares y Mauro Ortmann</i>	45
APLICACIONES A LA SALUD	
CAPÍTULO 4. Distribución espacial de la morbilidad según causas <i>Adela Tisnés</i>	55
CAPÍTULO 5. Análisis de determinantes ambientales y socioeconómicos <i>Adela Tisnés</i>	69
APLICACIONES A LA EDUCACIÓN	
CAPÍTULO 6. Utilización de modelos de localización-asignación para instalaciones educativas <i>Santiago Linares y Mauro Ortmann</i>	83
CAPÍTULO 7. Accesibilidad a escuelas públicas aplicando modelos de interacción espacial <i>Juan Pablo Celemín</i>	97
APLICACIONES CATASTRALES	
Capítulo 8. Actualización y análisis de la valuación fiscal del suelo urbano <i>María Lorena La Macchia</i>	109
Capítulo 9. Diagnóstico y regularización del uso de suelo comercial <i>María Lorena La Macchia</i>	117

APLICACIONES A OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS

Capítulo 10. Evaluación del consumo y suministro de agua corriente	129
<i>Inés Rosso</i>	
Capítulo 11. Optimización del programa de gestión integral de residuos sólidos urbanos	139
<i>Inés Rosso</i>	

APLICACIONES A LA GESTIÓN AMBIENTAL

Capítulo 12. Teledetección para mejorar la regulación térmica al interior de las ciudades	151
<i>Natasha Picone</i>	
Capítulo 13. Detección de áreas urbanas con peligro de inundaciones	161
<i>Natasha Picone</i>	
Consideraciones finales	171
<i>Santiago Linares</i>	
AUTORES	175

UTILIZACIÓN DE MODELOS DE LOCALIZACIÓN-ASIGNACIÓN PARA INSTALACIONES EDUCATIVAS

— Santiago Linares y Mauro Ortmann —

INTRODUCCIÓN

Uno de los usos más habituales de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se corresponde con la selección del lugar o lugares más adecuados para situar alguna de las actividades humanas. Dentro de los métodos existentes para tal finalidad sobresalen los modelos de localización-asignación utilizados para determinar la localización óptima de centros de servicios, con el objeto de minimizar los desplazamientos (y otros costos asociados) de la población demandante y lograr una asignación óptima de ésta a cada centro.

Los antecedentes más abundantes sobre aplicaciones están asociados a dos prácticas, una de ellas referida a la planificación en virtud de una eficiente y justa administración pública de los recursos, especialmente vinculados a localización-asignación de equipamientos y servicios para la población (Thomas et al. 1991; Ramírez y Bosque Sendra, 2001; Medel, 2004; Buzai, 2011); por otro lado, se encuentran las aplicaciones orientadas al sector privado, como localización de establecimientos comerciales y de servicios (Moreno Jiménez, 2001; Cliket, 2006).

Ambos grupos de aplicaciones se asientan en teorías normativas, que a diferencia de las teorías de localización clásicas (von Thünen, 1826; Christaller, 1933; Weber, 1909 y Lösch, 1940), no intentan encontrar una explicación o una descripción, sino recomendar el sitio o lugar más adecuado para localizar un equipamiento y simultáneamente la asignación de la demanda que se halla distribuida en el espacio de acuerdo con la optimización de un criterio específico (Ramírez, 2012).

Las aplicaciones de modelos de localización-asignación al caso de las instalaciones educativas (Moller-Jensen, 1997; Buzai y Baxendale, 2008) han demostrado una gran capacidad en la búsqueda de la eficiencia y justicia espacial. Los resultados expuestos en los antecedentes mencionados impulsaron a concretar una actividad de extensión y transferencia desde la Carrera de Geografía de la Facultad de Ciencias Humanas (UNCPBA), con el objetivo de evaluar el sitio más conveniente para la instalación de un establecimiento de enseñanza secundaria en la ciudad de Balcarce y, a su vez, determinar la asignación de la población potencialmente demandante. A tal fin se adoptaron tres modelos de localización-asignación, persiguiendo: 1) minimizar la impedancia, 2) maximizar la cobertura con límite de capacidad y 3) maximizar

la asistencia.

LOCALIZACIÓN DE EQUIPAMIENTOS COLECTIVOS: ENTRE LA JUSTICIA Y LA EFICIENCIA ESPACIAL

Para analizar la dimensión socioespacial de cualquier equipamiento, bien, instalación o servicio ofertado por la administración pública nacional, provincial o municipal, el criterio de justicia espacial es significativamente importante ya que los mismos son financiados por toda la población que, por lo tanto, tiene iguales derechos a usarlos en las mismas condiciones de acceso. La justicia espacial¹ está relacionada no sólo a la disponibilidad y distribución de estos equipamientos, sino también por la mayor o menor facilidad de acceso y depende de la variabilidad de las distancias, tiempos y costos económicos que separan a cada individuo del bien más próximo (Bosque Sendra, 1992:226-227).

Es común observar en la literatura, cómo el término de justicia o equidad espacial se relaciona comunmente con el de igualdad, sin embargo, es posible que para conseguir unos resultados equitativos (nivel educativo, nivel de salud, etcétera) haya que aceptar la desigualdad en la asignación de los recursos (Ramírez, 2003).

Esto sugiere dos conceptos alternativos de igualdad: una perfecta igualdad de trato en el sentido que todos reciban la misma cantidad de beneficios e igualdad de trato en las mismas circunstancias, pudiendo justificar diferentes cantidades en diferentes circunstancias.

En la realidad es difícil alcanzar de manera conjunta una distribución de bienes o servicios justa y eficiente, por lo general la eficiencia espacial² guía y orienta la localización y distribución de bienes o servicios privados, mientras que la justicia espacial debería conducir la localización de los bienes o servicios públicos.

El rol del Estado será fundamental para una localización espacial más justa de los equipamientos colectivos. Sin embargo, numerosos estudios empíricos sobre la cuestión, demuestran que ésto no ocurre siempre así, y que en una ciudad, sus habitantes no sólo no poseen las mismas posibilidades de acceso a los equipamientos colectivos, sino que por el contrario, existe una tendencia a incrementar esas asimetrías a medida que pasan los años. Es aquí donde los

1 Para obtener una discusión de este concepto ver: Moreno Jiménez, A. (2007). Justicia y eficiencia espacial como principios para la planificación: aplicación en la provisión de servicios colectivos con Sistemas de Información Geográfica. (Buzai, G.) Memorias. XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica. Sociedad Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional de Luján. Argentina. p. 197-230.

2 Se refiere al volumen global de desplazamientos que el conjunto de la demanda (población que requiere el bien) debe efectuar para utilizar las instalaciones y trata de medir las distancias, los tiempos de recorrido o los costos que implica el desplazamiento.

trabajos de asesoramiento a los organismos públicos de planificación territorial se convierten en áreas socialmente significativas para la aplicación de Sistemas de Información Geográfica con un fuerte compromiso en la búsqueda de estructuras socioespaciales más justas y equilibradas.

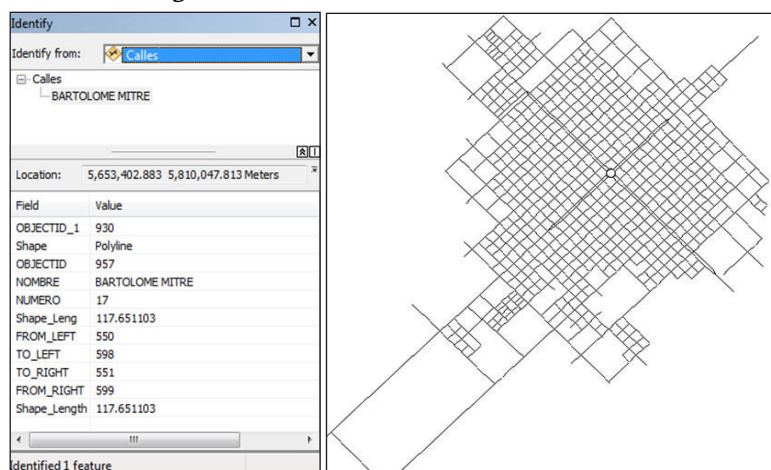
METODOLOGÍA

MODELIZACIÓN DEL ESPACIO GEOGRÁFICO

A diferencia de las tendencias en estudios clásicos a considerar al espacio geográfico como una superficie continua, sin obstáculos, o como un espacio relativo donde se incorpora la fricción espacial en diferentes medidas de costo, para este trabajo el concepto de conectividad³ se torna imprescindible en los modelos utilizados, considerando que la red de transporte sería cada vez más decisiva para modelizar los desplazamientos en el espacio geográfico actual, ya que en definitiva la infraestructura y redes de transporte van a cumplir un papel fundamental para facilitar las interrelaciones en la sociedad (Gutiérrez Puebla y García Palomares, 2007).

Es por ello que construimos para este trabajo la red vial del área urbana de Balcarce (Figura 1), en donde tanto la demanda como la oferta necesarias para nuestra aplicación, se definen como nodos localizados que se conectan entre sí mediante una red de ejes que simulan el entramado de calles, avenidas y rutas a través de las cuales se desplazan vehículos, personas y bienes.

Figura 1. Red vial de la ciudad de Balcarce



Fuente: elaboración personal

³ Capacidad de relacionarse con otros nodos de la red.

MODELIZACIÓN DE LA DEMANDA

Generalmente los puntos de demanda de los análisis de localización-asignación están representados por los centroides de las fracciones censales, asociando a ellos los valores totales de población como demanda potencial. En nuestro trabajo, la demanda potencial estará representada por la población comprendida entre los 13 y 18 años de edad en la localidad de Balcarce, que según la información suministrada por el Censo Nacional de Población Hogares y Vivienda (INDEC, 2001) era de 4.197 personas. Para el caso, hemos introducido una innovación en los procedimientos clásicos al desagregar la demanda mediante el método de interpolación picnofiláctico suavizado (Tobler, 1979).

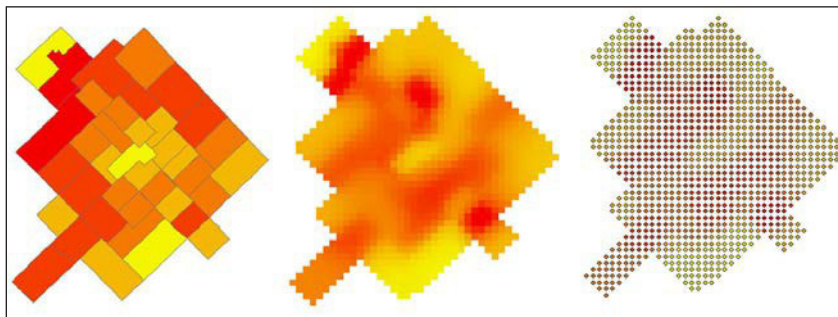
Este método permite desagregar espacialmente los datos de entrada almacenados en unidades discretas a partir de métodos geoestadísticos. Básicamente trabaja con cálculos de densidades que permiten llevar a una expresión continua la distribución de la población que se encuentra generalmente almacenada en unidades censales, y desagregar los valores a unidades espaciales de menor tamaño (Figura 2). A tal fin se presentan las tres fases que permiten realizar este procedimiento:

- Fase 1: desagregación de datos almacenados en unidades geográficas discretas a expresión geográfica continua mediante mapas raster, donde los valores de densidad por unidad de superficie se distribuirán equitativamente en cada unidad censal hasta alcanzar el total de los individuos del grupo en cuestión, sin discriminar diferencias en su interior.

- Fase 2: aplicación del método de interpolación picnofiláctico suavizado para modelizar las distribuciones al interior de cada unidad censal y eliminar las artificiales transiciones abruptas entre ellas. Este proceso implica el uso de funciones focales y ventanas móviles y, también respetar la condición «picnofiláctica» o de conservación del volumen de población en cada uno de los radios de partida. Es un proceso iterativo, que alterna operaciones de suavizado con la introducción de correcciones que garantizan que la suma de los nuevos valores calculados sea igual a la presentada en cada unidad espacial original.

- Fase 3: conversión del resultado obtenido en la fase 2 a formato vectorial para poder ser ingresado en el modelo de localización-asignación. Específicamente se utilizan las funciones de conversión de raster a puntos, en donde cada entidad puntual resultante recupera el valor de densidad obtenido del método de interpolación ejecutado.

Figura 2. Desagregación espacial de datos censales



Fuente: elaboración personal

MODELOS DE LOCALIZACIÓN-ASIGNACIÓN

Para la ejecución de los modelos de localización-asignación mediante el software ArcGIS 10 es necesario especificar previamente los sitios candidatos donde podría/n localizarse la/s nueva/s instalación/es y luego los sitios requeridos, que incluyen todas las instalaciones existentes, es decir, la oferta en el punto de partida.

Nuestro trabajo toma como punto de partida para la elección de los candidatos, la capa vectorial del catastro urbano de la ciudad de Balcarce con atributos relativos a la superficie construida. A partir de esta base digital se aplicó una consulta con el objetivo de identificar aquellas parcelas no construidas que superen los 1.000 m² de superficie. Se definió este criterio porque constituye la superficie necesaria para edificar un establecimiento de magnitudes considerables que permita albergar una demanda de 800 alumnos. De la consulta descrita se extrajeron 52 sitios candidatos que cumplen con el criterio solicitado y se muestran en la Figura 3.

A modo de sitios requeridos se incluyen las instalaciones previamente existentes, que deben ser necesariamente parte de la solución. En nuestro análisis son 11 los establecimientos de educación secundaria que forman parte de la oferta de este nivel y se muestran en la Figura 4.

Finalmente, los sitios elegidos resultarán de aplicar los modelos de localización-asignación según el tipo de pregunta que deseamos resolver. Es en esta instancia donde debemos recuperar y explicitar los interrogantes que guían esta aplicación: ¿dónde debería ser localizada la nueva instalación de enseñanza secundaria para satisfacer con mayor capacidad la demanda distribuida? ¿contemplar en el análisis locacional la capacidad real de admisión que cada establecimiento posee? y ¿cómo incorporar a los análisis el comportamiento

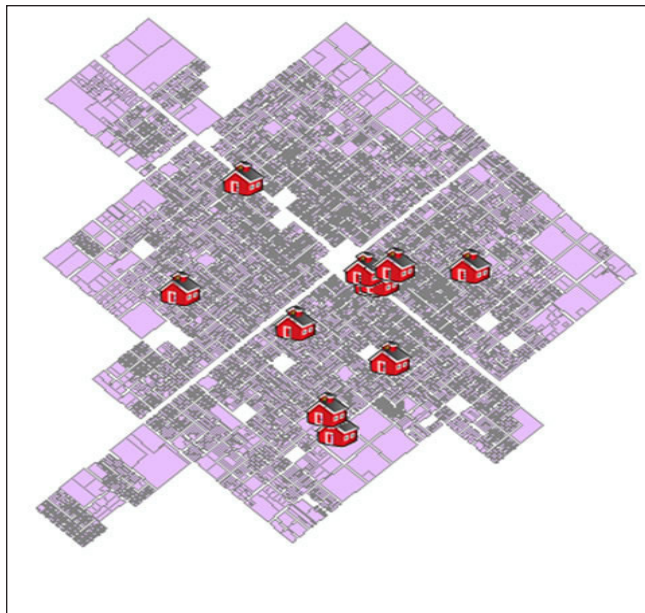
irregular de elección de la demanda a distancias extremas?

Figura 3. Sitios candidatos



Fuente: elaboración personal

Figura 4. Sitios requeridos



Fuente: elaboración personal

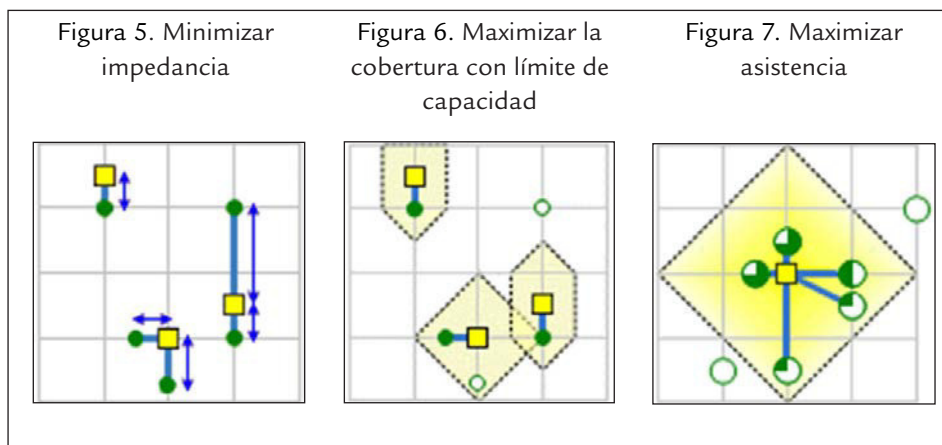
Con el objetivo de responder a cada interrogante fueron seleccionados tres modelos que permiten:

- *Minimizar impedancia:* el problema será resuelto cuando las instalaciones queden localizadas de manera que la suma de los productos de los despla-

zamientos desde los puntos de demanda a los establecimientos educativos, sea minimizada (Figura 5).

- *Maximizar la cobertura con límite de capacidad*: las instalaciones se ubican de modo que el máximo número de puntos de demanda se asignen a las instalaciones situadas dentro del valor límite de impedancia (si es que corresponde), con la restricción de que la demanda asignada a una instalación no exceda la capacidad de atención de la misma (Figura 6).

- *Maximizar asistencia*: la solución estará dada por las instalaciones elegidas de manera que abarquen el mayor peso de la demanda posible, asumiendo que el mismo disminuye con la distancia en relación a la instalación (Figura 7). ArcGIS utilizará un decaimiento lineal para calcular la propensión de la población a asistir a cada establecimiento. Es decir, con un límite de impedancia de 2.500m y una transformación de la impedancia en forma lineal, la probabilidad de que la población de un punto de demanda se desplace hacia una escuela que esté a 500m es del 80% en comparación con una escuela que se encuentre a 2.000m de distancia, donde la probabilidad decrece a un 20%. Este tipo de problema resulta interesante para modelizar la captación real de la demanda, que superado un umbral, no se rige por los criterios de proximidad contemplados en los modelos anteriores.



Fuente: <http://resources.arcgis.com/es/home/>

APLICACIÓN Y RESULTADOS

Definidas n instalaciones candidatas y m puntos de demanda con o sin ponderación asignada, estamos en condiciones de elegir una o varias instalaciones, p , en base al criterio que se minimice la suma de las distancias ponde-

radas desde cada m hasta el p más cercano. Este es un problema combinatorio de tipo n elige p , y el espacio de soluciones se hace sumamente grande, es por ello que no es usual obtener soluciones óptimas examinando todas las combinaciones. Para resolver este problema ArcGIS 10 emplea el tradicional método heurístico desarrollado por Teitz y Vart (1968).

Los resultados de aplicar los modelos de localización-asignación seleccionados se presentan a en la Figura 8. El indicador de eficiencia habitualmente usado es la suma de las distancias ponderadas por el tamaño de la demanda existente en cada punto de demanda, y estará expresado por el valor “Sum” dentro de la ventana de estadísticas descriptivas. No obstante, también es posible utilizar la distancia media o la media de las distancias ponderadas por la demanda (sobre todo para casos con distinto número de instalaciones). Por su parte, la diferencia entre la distancia máxima y distancia mínima, o, mejor aún, la desviación típica de las distancias expresada en “Standard Deviation”, son los usuales indicadores de justicia espacial. Cuanto más variable sea ese indicador, más diferencias habrá entre unos puntos de demanda y otros en cuanto a la facilidad para usar las instalaciones.

Centrándonos en estos indicadores es posible observar que al incorporar una nueva instalación (segundo caso), la suma de la distancia total disminuye alrededor de un 25% con respecto a la situación actual (primer caso), indicando de esa manera un aumento considerable de la eficiencia. De igual manera se comportan la media de las distancias ponderadas por la demanda (de 2.905 a 2.162 metros) y la desviación típica (2.237 a 1.431), indicando de esa manera un distribución espacial más justa de las instalaciones de educación secundaria. Como puede observarse en la representación cartográfica de los resultados, la selección dentro de los sitios candidatos preestablecidos se localiza en el sudoeste de la ciudad de Balcarce.

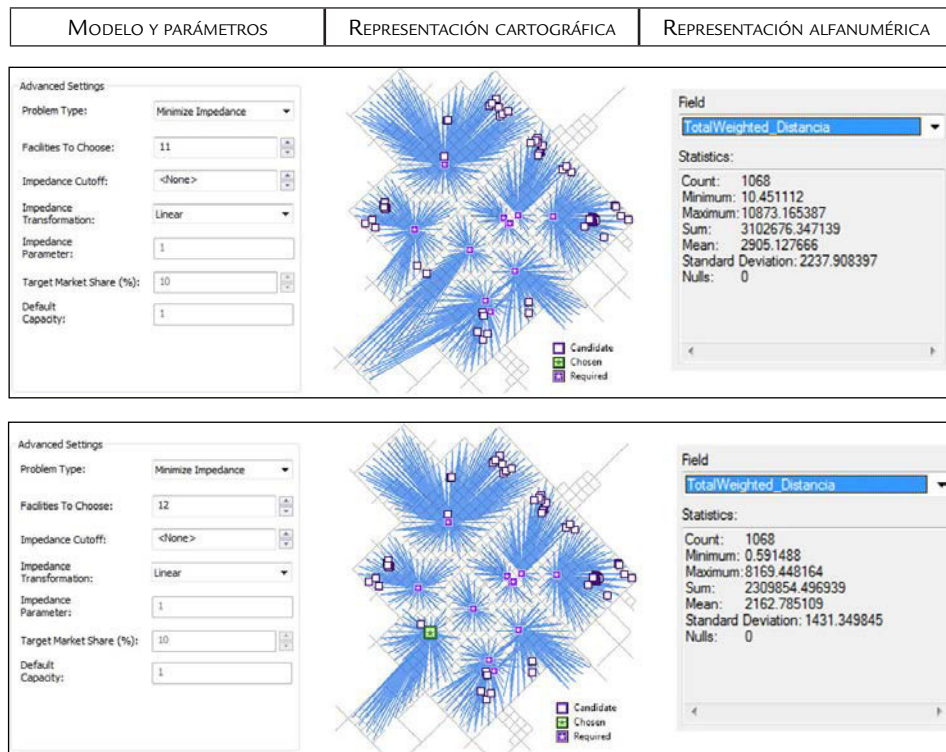
Con el objetivo de contemplar la capacidad real de admisión que posee cada establecimiento, se aplicó el modelo que maximiza la cobertura con límite de capacidad (tercer caso), el cual arrojó cambios sustanciales con respecto al resultado anterior. En principio la solución estaría localizada ahora al norte de la ciudad de Balcarce. En esta oportunidad todos los indicadores aumentan considerablemente con respecto a la situación actual, empeorando aparentemente tanto las condiciones de eficiencia como de justicia espacial. Sin embargo, esta afirmación no es del todo correcta y podría llevarnos a falsas conclusiones, el error estriba en que el punto de partida sobre el cual estamos realizando las comparaciones (primer caso) no contempla el límite impuesto por la capacidad de admisión de la demanda distribuida, por lo cual, la situación de partida muestra una situación ideal de asignación aunque irreal, imposible de concretarse por la capacidad limitada de las instalaciones existentes.

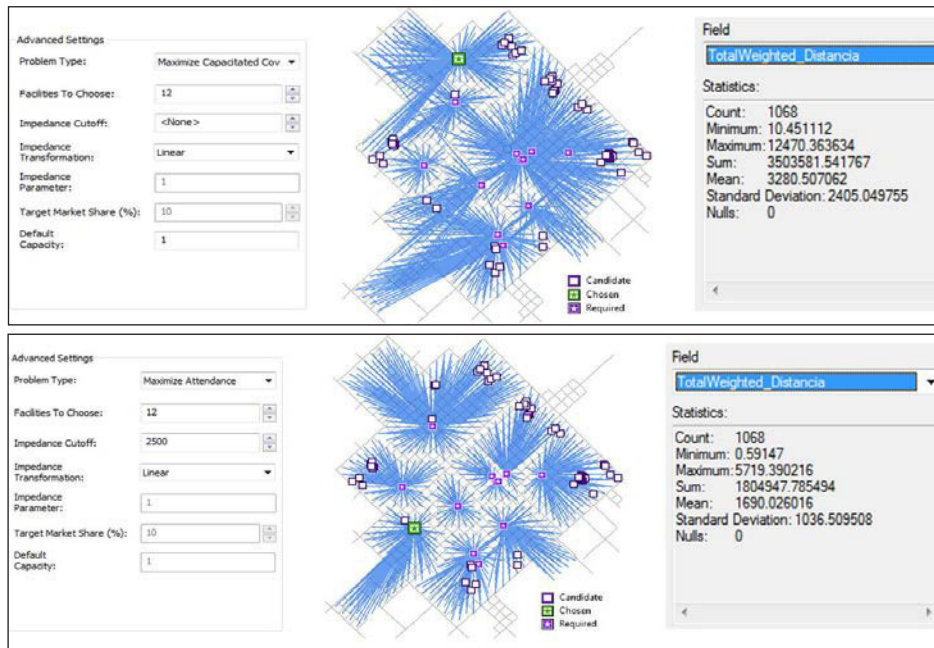
Finalmente, para modelizar el comportamiento irregular de la demanda

Utilización de modelos de localización-asignación para instalaciones educativas

separada por distancias extremas de las instalaciones, hemos aplicado el modelo que permite maximizar la asistencia. En este modelo se pondera diferencialmente la demanda según la distancia que la separa de la instalación más próxima, de esta manera, a medida que los puntos de demanda se encuentren más alejados de la instalación, la proporción efectiva de captación se reduce. Si bien en los resultados estadísticos todos los indicadores mejoran sustancialmente, esto ocurre en detrimento de excluir una proporción de la demanda, lo cual convierte a este modelo en restrictivo y excluyente, especialmente para aquellos residentes más alejados de las instalaciones educativas, es decir, para aquellos que presentan una mayor necesidad social. Concluimos que este modelo es más apropiado para ser aplicado con fines de captación de clientes dentro de las aplicaciones en Geomarketing que a los fines de lograr una mayor equidad socioespacial, objetivo que debe perseguir la administración pública de equipamientos.

Figura 8. Localización-asignación en base a escuelas de enseñanza secundaria y población de 13 a 18 años. Ciudad de Balcarce





Fuente: elaboración personal

CONCLUSIONES

Este trabajo se centró en evaluar la mejor localización posible de una instalación educativa de enseñanza secundaria en la ciudad de Balcarce, considerando la asignación de la demanda correspondiente según la proximidad a dichas instalaciones a través de las redes de comunicación. De los modelos aplicados consideramos que: el primero de ellos, que persigue minimizar la impedancia, si bien arroja buenos resultados, omite la capacidad real de admisión de las instalaciones existentes; el segundo modelo que persigue maximizar la cobertura con límite de capacidad, resulta ser el único que contempla la capacidad real de admisión de la demanda potencial; finalmente, el tercer modelo que maximiza la asistencia, no sólo no contempla la capacidad de admisión, sino que desprecia una proporción significativa de la demanda, por lo cual queda descartado dentro de los procedimientos posibles a adoptar.

Más allá de obtener una solución final satisfactoria, valoramos las reflexiones emergentes durante el proceso de aplicación de los modelos de localización-asignación seleccionados. También podemos destacar que la base sobre la cual se tomará la decisión final contará con un antecedente elaborado en base a criterios racionales, objetivos (desde el punto de vista de los procedimientos) y en dirección a obtener una disposición espacial de los equipa-

mientos colectivos que garantice una mayor justicia espacial.

Consideramos que esta aplicación que tenía como objetivo expandirse en la manipulación de las funciones y aplicaciones de análisis espacial centradas en los modelos de localización-asignación, se transformó en un ejercicio de reflexión y análisis sobre los problemas de localización posibles y las soluciones aportadas por los Sistemas de Información Geográfica, fomentando el pensamiento visual y espacial, el cual ha sido reconocido como una de las cualificaciones más sobresalientes propiciadas por la combinación de la Geografía y las Geotecnologías.

AGRADECIMIENTOS

Al Agrimensor Alejandro Ortmann, por el suministro del Catastro Urbano de la ciudad de Balcarce. A las Profesoras Juliana Romero y Sonia Vera por el contacto con la Inspectora Regional Teresa Adobbati, su tiempo y predisposición a las consultas realizadas para el desarrollo de esta actividad.

BIBLIOGRAFÍA

- Bosque Sendra, J. (1992). *Sistemas de información geográfica*. RIALP, Madrid.
- Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (2007). Localización-asignación y justicia/equidad espacial con SIG. *XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Organizado por la Sociedad Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica en la ciudad de Luján, Argentina.
- Buzai, G. (2011). Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: análisis espacial de Centros de Atención Primaria de Salud (CAPS) en la ciudad de Luján, Argentina. *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía*. Bogotá, Colombia, 20(2):111-123.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2008). Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: Análisis espacial de escuelas EGB en la ciudad de Luján. *Análisis y planificación de servicios colectivos con sistemas de información geográfica*. Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Christaller, W. (1933). *Central Places in Southern Germany*, traducido al inglés por C. Baskin (1966). Englewood Cliffs.
- Cliket, G. (2006). *Geomarketing. Methods and Strategies in Spatial Marketing*. GIS Geographical Information Systems Series, ISTE Ltd, Londres.
- Gutiérrez Puebla, J. y García Palomares, J. (2007). Sobreestimaciones del cálculo de distancias en línea recta con respecto al de distancias viarias en el análisis de cobertura de las redes de transporte público. *XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Organizado por la Socie-

- dad Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica en la ciudad de Luján, Argentina.
- INDEC (2001). *Censo Nacional de Población, hogares y vivienda*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Ministerio de Economía. Buenos Aires.
- Lösch, A., (1940). *The Economics of Location*. Traducción al inglés, New Haven. Yale University Press, 1954.
- Medel, C. (2004). El problema de las escuelas rurales en Guadalajara (España). Uso de los modelos de localización-asignación para tratar el problema de los Colegios Rurales Agrupados (C.R.A.). *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-Ma Editorial. Madrid.
- Moller-Jensen, L. (1997). Data Considerations for location-allocation modeling of public school districts in Copenhagen. *ESRI User Conference*, <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/to200/pap174/p174.htm>
- Moreno Jiménez, A. (2001). *Geomarketing con Sistemas de Información Geográfica*. Universidad Autónoma de Madrid y Asociación de Geógrafos Españoles, Madrid.
- Moreno Jiménez, A. (2012). Modelos de localización óptima y planificación territorial. *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales*. Ra-Ma Editorial. Madrid.
- Ramírez, L. (2003). Cálculo de Medidas de Accesibilidad Geográfica, Temporal y Económica Generadas Mediante Sistemas de Información Geográfica. *I Congreso de la Ciencia Cartográfica y VIII Semana Nacional de Cartografía*. Organizado por Centro Argentino de Cartografía en la ciudad de Buenos Aires, Argentina.
- Ramírez, L. (2012). Los modelos de localización óptima como recurso pertinente para evaluar la justicia territorial de los equipamientos colectivos. *Jornadas "Sistemas de Información Geográfica 2012. Aplicaciones en la planificación y gestión territorial"*. Organizado Instituto del Conurbano de la Universidad Nacional de General Sarmiento en la ciudad de Los Polvorines, Argentina.
- 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*. Madrid, España, 21:53-79.
- Teitz, M. y Bart, P. (1968). Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph. *Operations Research*. Catonsville, MD, Estados Unidos, 16(5):955-961.
- Thomas, R.; Robson, B. y Nutter, R. (1991). Planning the Work of County Courts: A Location-Allocation Analysis of the Northern Circuit. *Transactions of the Institute of British Geographers*. Reino Unido, 16(1):38-54.
- Tobler, W. (1979). Smooth Pycnophylactic Interpolation for Geographical Regions. *Journal of the American Statistical Association*. Alexandria, VA, 74: 519-

530.

Von Thünen, J. H., (1826). *Der isolierte staat in beziehung auf landwirtschaft und nationalökonomie*. Traducido al inglés por C.M. Wartenberg (1966) "Von Thünen's Isolated State". Oxford: Pergamon Press.

Weber, A., (1909). Alfred Weber's Theory of the Location of Industries. Publicado por The University of Chicago Press en 1929.