

2. Modelos de localización óptima para evaluar el grado de justicia territorial en equipamientos colectivos

*Liliana Ramírez*¹

Resumen

La presente contribución pretende ser una somera descripción del origen y la evolución de los modelos de localización-asignación óptima, reconocidos en el presente como instrumentos idóneos para diagnosticar, según el principio de equidad territorial, la situación de la distribución de equipamientos y proponer diferentes escenarios de territorios caracterizados por criterios de eficiencia, equidad o justicia territorial, según se desee en un eventual proceso de ordenamiento territorial. Se destaca asimismo la importancia que cobraron estos modelos desde la década de los años ochenta del siglo pasado, como consecuencia del uso generalizado de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE).

El inicio de la Teoría de la Localización: la articulación entre la Geografía y la Economía

Es difícil encontrar una definición de Geografía que no incluya, explícita o implícitamente, el Principio de Localización. De hecho, este principio rector es el que, en su gran mayoría, orienta, guía y encamina a los estudios geográficos. Responder a la pregunta acerca de dónde se localizan los hechos, vinculada al

¹ Instituto de Geografía - Facultad de Humanidades - UNNE - CONICET. E-mail: lramirez@hum.unne.edu.ar. Web: <http://hum.unne.edu.ar/investigacion/geografia/labtig/>.

interrogante sobre por qué se ubican en ese lugar y no en otro, constituyen las discusiones que con mayor frecuencia subyacen en los trabajos de investigación y en los ensayos geográficos. No obstante, el origen de la Teoría de la Localización no se dio en el seno de la Geografía, y se pueden distinguir varias etapas en su desarrollo.

Una primera etapa transcurrió desde mediados del siglo XVIII hasta los inicios del siglo XIX. Según Fernández Palacín (1992), el problema de la localización empieza a ser planteado —geoméricamente— en el siglo XVII por los matemáticos Fermat y Torricelli. En su forma más primitiva, trata de encontrar la posición de un punto en un plano, de tal forma que la suma de las distancias entre dicho punto y otros tres dados sea mínima. Sin embargo, fueron los economistas los que, posteriormente, incluyeron la dimensión espacial, o sea, los efectos de la distancia en los análisis económicos. Duch Brown (2005) sostiene que los orígenes de la inclusión de los efectos espaciales en la economía pueden remontarse hasta Cantillón (1755), para quien la organización social en su totalidad dependía básicamente de la fertilidad de la tierra y del trabajo humano dedicado a ella. Cantillón supuso que las economías del tiempo y del transporte obligaban a los agentes económicos a situarse cerca de la tierra en la que trabajaban, explicando así la creación de las ciudades. Fue el primero en reconocer la interdependencia de los circuitos verticales (gasto, consumo) y las relaciones horizontales (localizaciones), y propuso que los flujos existentes entre ellos implican necesariamente un multiplicador espacial. En 1776 Adam Smith le dio una gran importancia a los costos de transporte. Para él, la división del trabajo estaba estrechamente ligada a la población y a la extensión del mercado, que, a su vez, dependía de las rutas de transporte y de las dificultades para trasladar los productos de un lugar a otro.

Según Adam Smith, el valor (y no el precio) de los bienes varía en relación con las diferencias espaciales que presentan los elementos que inciden en el costo de producción (salarios, beneficios y rentas pagados a los factores productivos).

Finalmente, David Ricardo, en 1817, redujo las diferencias espaciales de precios a diferencias en la fertilidad de los suelos, e incluyó los costos de transporte en el costo total, por lo que, a partir de entonces, el análisis económico clásico marginó la dimensión espacial de la teoría económica. El distanciamiento teórico entre Ricardo y Von Thünen es el origen de la separación entre la Economía clásica y el origen de la Teoría de la Localización.

En las primeras décadas del siglo XIX se inició una segunda etapa en la cual la necesidad radicó en encontrar una adecuada *explicación a las tendencias o patrones de localización de las actividades humanas*. Este propósito fue motivo

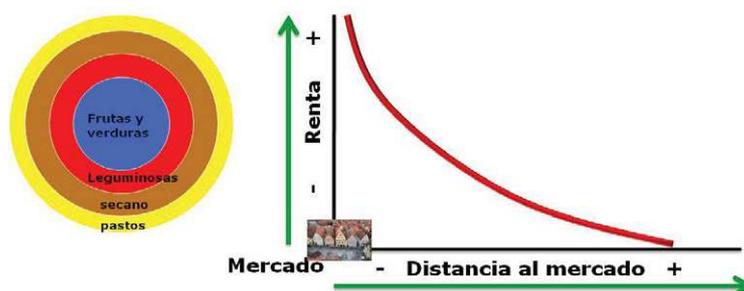
2. Modelos de localización óptima para evaluar el grado de justicia territorial en...

de importantes estudios, y se desarrollaron teorías y modelos que constituyen los antecedentes fundamentales de los modelos de localización que se utilizan actualmente. Las teorías clásicas que caracterizan a esta etapa fueron esbozadas por Johann Heinrich Von Thünen, Alfred Weber, Walter Christaller y August Lösch.

En este punto queremos hacer una distinción entre los conceptos de “teoría” y “modelo”. Si bien podemos advertir una gran variedad de definiciones, David Harvey (1969) sostiene que la “teoría científica” se caracteriza por un vocabulario o estructura discursiva formal en la que se establecen axiomas y términos primitivos de los que se puede derivar un gran número de teoremas cuando se ponen en relación con datos empíricos. Este mismo autor, cuando se refiere a “modelo”, señala que es una representación idealizada del mundo real, constituida ordenadamente para demostrar algunas de sus propiedades. Por lo tanto, si consideramos estas dos definiciones, tanto el concepto de “teoría” como el de “modelo” pueden ser asociados a los postulados de los autores citados anteriormente.

Johann Heinrich Von Thünen (1780-1850) esbozó su teoría de la localización sobre el uso del suelo agrícola en 1826. En ella reconoció que el hombre trata de resolver sus necesidades económicas en el entorno inmediato, reduciendo sus desplazamientos al mínimo. Se preguntó por qué diversos lotes de tierra con las mismas características tenían diferentes usos. Concluyó que esta situación se explicaba por la distancia al mercado, aunque considerando de forma muy ideal un espacio isotrópico, es decir, considerando el territorio como una llanura homogénea en el que la fricción al desplazamiento es igual en todas direcciones. En la Figura 1 se ilustra la mayor renta del uso del suelo cuanto menor es la distancia al mercado o centro de consumo.

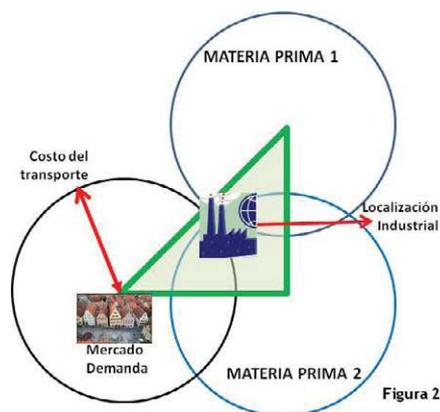
Figura 1



Fuente: elaboración propia.

Alfred Weber (1868-1958) expuso su teoría de la localización industrial en 1909. En ella señaló que la ubicación de una instalación industrial será la que minimice los costos de transporte, tanto hacia el mercado como hacia los recursos o centros productores de materias primas. En otras palabras, intentó encontrar el lugar más eficiente para la localización de industrias (Figura 2). Para este autor, la localización óptima en función del costo de transporte se encuentra construyendo una *figura locacional*, que en el ejemplo clásico de Weber es un triángulo, ya que considera, como mínimo, dos fuentes de aprovisionamiento de materias primas y un centro de consumo (mercado), unidos por líneas rectas que representan las distancias entre ellos.

Figura 2



Fuente: elaboración propia.

Luego de desarrollar su teoría, Weber reconoció que tanto los procedimientos geométricos como los principios mecánicos utilizados presentaban limitaciones para explicar la relación costo-transporte, y que no podrían ser empleados para resolver problemas complejos de localización o casos de multilocalización (Ghosh and Rushton, 1987).

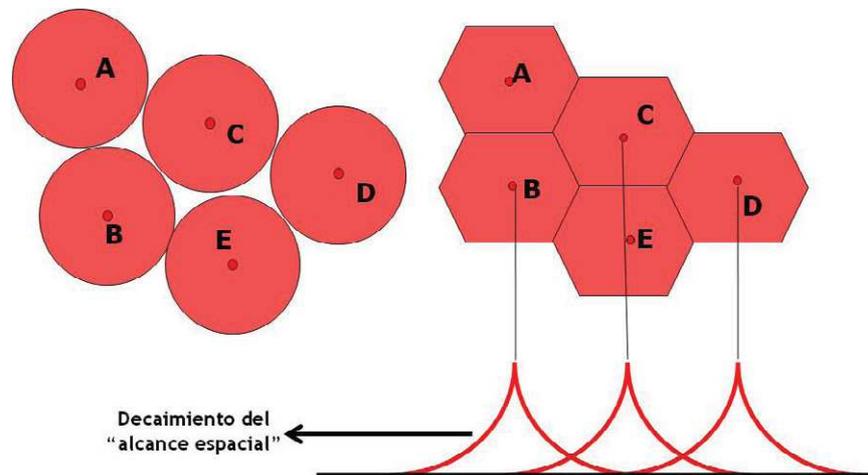
Esta etapa culmina con una tercera teoría que brindó los aportes más significativos respecto de la organización y distribución espacial de los núcleos urbanos: la teoría de los lugares centrales, esbozada por el geógrafo Walter Christaller (1893-1969). Este autor, en 1933, sostuvo que los emplazamientos de los asentamientos, cuya función es la provisión de bienes y servicios a una

2. Modelos de localización óptima para evaluar el grado de justicia territorial en...

población que se distribuye en el entorno del núcleo urbano, se organizan de manera jerárquica. En esta jerarquía, un gran número de pequeños centros proveen servicios básicos, y un pequeño número de centros (generalmente de mayor dimensión) proveen servicios complementarios a aquellos (Duch Brown, 2005). Christaller introdujo el área de influencia de los mercados, que, a partir de figuras iniciales de forma circular, se delinearán con formas geométricas hexagonales (Figura 3).

Esta organización va acompañada de dos parámetros fundamentales: el “umbral de demanda”, definida esta última como la población más pequeña o área mínima que debe ser atendida, y el “alcance espacial”, que es la distancia máxima que el consumidor está dispuesto a realizar para consumir un bien o servicio específico. La teoría de este geógrafo fue modificada por el economista alemán August Lösch (1906-1945), quien en 1940, a partir de los supuestos de la teoría de los lugares centrales, consideró la importancia del tamaño de los asentamientos y de la función diferencial de los núcleos urbanos en relación con el tamaño, e incluso argumentó que asentamientos de igual tamaño no siempre se caracterizan por poseer las mismas funciones. Esta afirmación dio origen a lugares centrales jerarquizados.

Figura 3



Fuente: elaboración propia.

Hasta aquí vemos que la preocupación se centraba en intentar encontrar los motivos que permitieran explicar las localizaciones del diferencial uso agrícola del suelo, de la localización de las industrias o de la organización territorial de los núcleos de población, poniendo énfasis en la minimización de la distancia como variable explicativa y en la provisión de bienes y servicios por parte de los asentamientos.

Los modelos de localización-asignación óptima en el marco del Estado de Bienestar

La irrupción del Estado de Bienestar a mediados del siglo xx define al Estado como proveedor de servicios públicos y colectivos a todos los habitantes de un país. Estos servicios son gratuitos y tienen como finalidad proporcionar a las personas los bienes sociales –educación, salud, cultura, deportes, seguridad, ocio– que requieren para satisfacer sus necesidades.

En este marco, el interés ya no pasa por desarrollar teorías que expliquen dónde se localizan las actividades humanas, sino que la preocupación radica en responder a la pregunta acerca de *dónde deberían localizarse* los servicios con el propósito de ser accesibles a toda la población que los demanda. Se inicia entonces una etapa diferente de las anteriores, ya que la localización de servicios conlleva supuestos de partida o premisas muy distintas a las que corresponden a las teorías o modelos que caracterizan a la ubicación de cualquier otra actividad humana. Se trata de encontrar las localizaciones óptimas o ideales para que la población pueda satisfacer sus necesidades de forma adecuada.

Es en este punto en que esta línea de trabajo se acerca a los propósitos de la Geografía aplicada y de la planificación y ordenamiento territorial, entendido este último concepto como “un conjunto de acciones concertadas para orientar la transformación, ocupación y utilización de los espacios geográficos buscando su desarrollo socioeconómico, teniendo en cuenta las necesidades e intereses de la población, las potencialidades del territorio considerado y la armonía con el medio ambiente” (Jordan y Sabatini, 1988).

Según Deverteuil (citado por Moreno Jiménez y Bosque Sendra, 2010), cabe situar en la década de los años sesenta de la pasada centuria el momento del despegue de los *modelos de localización óptima*, que conforman una línea de indagación sobre herramientas de ayuda a la decisión, con una trayectoria que no ha dejado de fortalecerse. En última instancia, la meta buscada siempre por

2. Modelos de localización óptima para evaluar el grado de justicia territorial en...

los diseñadores de los modelos estriba en, ante unos problemas bien definidos, identificar las mejores soluciones de ordenación espacial. Ello implica que la generación de propuestas se debe basar, explícita y fundadamente, en principios y criterios socialmente asumidos, lo cual supone como rasgo meritorio a destacar la participación ciudadana, puesto que las diversas soluciones podrán compararse y valorarse con nitidez (por ejemplo, cuantitativamente) en cuanto a su proximidad a la mejor opción o a algún escenario ideal.

El uso de los modelos de localización óptima como una herramienta de resolución de problemas de ordenamiento territorial permitió, entre otras cuestiones, determinar en una misma fase las localizaciones óptimas y valorar la distribución real en relación con la ideal. Asimismo, se mejoró el conocimiento de las áreas mejor y peor servidas y de la ubicación de equipamientos o instalaciones en sitios que no eran considerados los óptimos. Cabe aclarar que, casi desde un inicio, la localización óptima fue asociada a la asignación de demanda, de ahí la denominación de *modelos de localización-asignación*. De este modo, también fue posible valorar la cantidad de demanda potencial a “servir” en función del tamaño o de las posibilidades de atención que ofrece el servicio (Figura 4).

Figura 4



Fuente: elaboración propia.

Para alcanzar las resoluciones a los problemas de localización, los modelos se apoyan, como se indicó precedentemente, en *principios o criterios*. Como señalan Moreno Jiménez y Bosque Sendra (2010), existe una amplia literatura que abordó la relevancia de estos principios en la puesta en práctica de los modelos. La eficiencia (económica, espacial), la equidad (económica, social, territorial), la justicia ambiental, la sostenibilidad, la competitividad, la calidad de vida, el bienestar y la cohesión (social, territorial) son los principales criterios que guían la localización de equipamientos, instalaciones, bienes, servicios o actividades humanas en general (un amplio desarrollo de estas cuestiones se aborda en Bosque Sendra y Moreno Jiménez, 2004 y 2012).

La consideración de estos criterios depende de las características o peculiaridades del servicio que se pretende localizar. El tipo de gestión, por ejemplo,

define lo que es público y lo que es privado. Así, lo público gestionado por el Estado debería garantizar el acceso equitativo de toda la población. Por lo tanto, en estos casos la equidad (territorial, social y económica) debe ser el criterio rector para poder atender a toda la población, que necesita el servicio, en igualdad de condiciones.

En oposición, los servicios de gestión privada van tras el principio de eficiencia económica y espacial. El propósito es atraer la mayor cantidad de demanda dentro de unos umbrales de distancia mínima. Otra cuestión que condiciona el lugar donde se debe emplazar el servicio es la *externalidad* que provoca, es decir, las derivaciones, las consecuencias o los efectos en la población, que pueden ser positivas o negativas; e incluso un mismo servicio puede generar ambos efectos, de ahí la condición de equipamientos o instalaciones deseables o filicos y no deseables o fóbicos. En concordancia con esto se comienza a considerar a la población que demanda el bien y a la población que es afectada por la instalación. A estos dos aspectos a considerar –gestión y externalidad– se añaden otros, como cantidad y jerarquía de los equipamientos, temporalidad y limitaciones en la prestación del servicio, características del comportamiento de la demanda, perfil de los beneficiarios o usuarios, entre otros.

La articulación entre los criterios a considerar en cuestiones de localización y las características de los equipamientos derivó en una gran familia de modelos de localización-asignación óptima que pasaron de tener un enfoque meramente *descriptivo o explicativo*, como las primeras teorías de localización que nos permitieron conocer patrones de localización y distribución de determinadas actividades humanas, a un enfoque *predictivo-prescriptivo*, basado en el interés por estimar la demanda o los usuarios de un equipamiento o servicio y, a la vez, intentar un ordenamiento de las localizaciones. Finalmente, el enfoque que se ha dado en las últimas décadas ha sido el *normativo*, que intenta, a través de normas, regular la distribución de equipamientos o instalaciones de acuerdo con la demanda potencial y la necesidad de dotar de servicios a esa población (Figura 5).

Figura 5



Fuente: elaboración propia.

El enlace entre los modelos de localización-asignación óptima, los Sistemas de Información Geográfica y los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial

Tal como expresamos anteriormente, en sus inicios y en términos muy elementales el problema de la localización se reduce a un problema de distancia, es decir, a minimizar la distancia entre varios puntos dados: uno, que es la oferta del servicio, y otros, que representan la demanda o los usuarios potenciales. Se trata de encontrar la posición de un punto en un plano, de tal forma que la suma de las distancias entre dicho punto y, por ejemplo, otros tres puntos dados, sea mínima. Sin embargo, la complejidad que presenta la oferta de servicios en cuanto a su gestión, externalidad, temporalidad y capacidad, por un lado, y por otro lado la diversidad y el comportamiento diferencial de la demanda, llevaron a que geógrafos, economistas, matemáticos e informáticos desarrollaran una gran diversidad de modelos de localización-asignación con el propósito de dar respuesta a la mayoría de las situaciones que se presentan en la realidad.

En una primera aproximación, las soluciones fueron de carácter geométrico-matemático, y luego se trasladaron a utilerías informáticas que, asociadas a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), dieron origen a un conjunto de recursos bajo el nombre de Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE). Los SADE (SDSS según sus siglas en inglés, por Spatial Decision Support System) pueden definirse como un conjunto de elementos físicos (ordenadores, periféricos, etc.), lógicos (programas, datos) y de procedimientos que facilitan un entorno adecuado para la adopción “racional” de decisiones sobre problemas espaciales (Bosque Sendra *et ál.*, 2000; Bosque Sendra y Moreno Jiménez, 2012).

La expansión en el uso de los SIG y de los SADE de forma simultánea y complementaria para resolver problemas de ordenamiento territorial y de localización óptima en particular dejó al descubierto las dificultades que presentan los SIG por sí solos para alcanzar estos propósitos. Estas limitaciones tienen dos orígenes: las deficiencias existentes en los métodos analíticos usualmente integrados en un SIG y las herramientas demasiado generales y poco especializadas que habitualmente forman parte de la panoplia de medios de un SIG (Bosque Sendra *et ál.*, 2000; Bosque Sendra y Moreno Jiménez, 2012). Entonces, la utilización sincrónica y conjunta de ambos sistemas incrementó de forma exponencial las posibilidades de resolución de problemas, diseñándose una amplia variedad de modelos de localización que responden, sin ser exhaustivos, a la gran multiplicidad y variedad de situaciones que se presentan en la realidad.

Los desarrollos se abocaron a resolver los problemas o *funciones objetivo*. Surgieron así los diversos modelos que se corresponden con los criterios que se han señalado precedentemente. Si consideramos los *equipamientos o instalaciones deseables o filicas*, podemos citar a los modelos que pretenden alcanzar el *objetivo de eficiencia*. Para lograrlo es necesario minimizar el total de las distancias (por ejemplo los modelos P-mediano, Minisum o Mindistance) o maximizar la accesibilidad o los beneficios.

El primero y el segundo de los propósitos nombrados están asociados a servicios de naturaleza pública, como salud, educación, seguridad; el tercero, en cambio, está más emparentado con servicios privados, como los comerciales, que pretenden alcanzar las mayores utilidades atrayendo a la mayor cantidad de demanda.

Otros modelos pretenden alcanzar el *objetivo de equidad*. Son los que verdaderamente deben guiar la localización de los equipamientos públicos, orientados en un primer momento por la minimización de las distancias recorridas por la población. El propósito final es que no se aprecien traslados muy desiguales, de manera que será preciso minimizar las distancias máximas. De ahí la denominación de modelo Minmax.

Otro objetivo que guía las localizaciones óptimas es el de *cobertura*, que se relaciona directamente con servicios públicos de urgencia, como por ejemplo salud, bomberos, policía. En estos casos se requiere brindar la máxima protección dentro de un umbral predefinido de distancia. Es así que la solución alcanzada, sin ser la óptima, es la más beneficiosa; es el caso del modelo Cobemax. En ocasiones, alcanzar uno de los tres objetivos suele ser complicado, por lo que se recurre a *soluciones compromiso*, como el caso del modelo Coberes, que pretende proteger, servir o cubrir la mayor cantidad de usuarios dentro de unos umbrales de distancia predefinidos.

Dentro de este grupo también se encuentra el modelo Minisum, con restricción de la distancia o cobertura obligatoria; el modelo de minimización de los centros de servicio bajo condiciones de cobertura total de la demanda y movilidad prefijada de la demanda, y otros modelos de cobertura máxima que consideran diferentes opciones en el tratamiento de la restricción de la distancia. A estos modelos se suman además los que se orientan explícitamente a la captación de la demanda o el mercado, y son ampliamente utilizados en *geomarketing*, tanto los que se orientan a mercados competitivos como los que derivan del comportamiento espacial de los usuarios. Como ejemplo de este

2. Modelos de localización óptima para evaluar el grado de justicia territorial en...

grupo podemos citar el modelo P-choise (P-elección) (para una mejor comprensión de estos temas, ver Bosque Sendra y Moreno Jiménez, 2004, 2010 y 2012).

En oposición a los modelos anteriores, en los que se habla de población demandante o usuaria, nos encontramos con los equipamientos que generan población afectada, es decir, las instalaciones *no deseables, indeseables o fóbicas* (depósitos de residuos sólidos urbanos, depuradoras de aguas, lagunas de oxidación). Este tipo de instalaciones generan rechazo por parte de la población y derivaron en síndromes denominados NIMBY (Not In My BackYard), NIABY (Not In Anybody BackYard) y BANANA (Build Absolutely Nothing at All Near Anybody). Estas manifestaciones se desprenden de la percepción social de los riesgos ambientales y constituyen una reacción de naturaleza compleja en la que se combinan el miedo por el deterioro ambiental y económico, la desconfianza ante industrias e instituciones y el sentimiento de ser víctimas de un tratamiento injusto en el proceso de selección de localizaciones (Díaz Muñoz *et ál.*, 1999).

Estas circunstancias dieron lugar a un gran número de publicaciones basadas en la necesidad de alcanzar la *justicia ambiental como función objetivo*. Este último pretende evitar el impacto desigual o desproporcionado de las amenazas ambientales sobre los grupos de población más desaventajados y, por lo tanto, más vulnerables (Bosque Sendra *et ál.*, 2002). Como resultado, no se hicieron esperar los modelos de localización que persiguen este propósito: el problema Maxisum y seguidamente el Maximin se presentaron como alternativas iniciales.

El primero de los problemas mencionados pretende maximizar la sumatoria de las distancias entre un conjunto de posibles localizaciones para albergar un equipamiento indeseable, mientras que el segundo pretende maximizar la distancia mínima a la población afectada. Con el mismo propósito se formuló el modelo de *anticobertura*. En este caso, en lugar de centrar el problema en la distancia, se considera a la población perjudicada o que sufriría los efectos nocivos de la instalación. De esta manera, la meta es encontrar el o los lugares que minimizarían el conjunto de población dentro de una distancia máxima a un equipamiento.

Finalmente, se pueden citar otros dos modelos dentro de este conjunto: el P-defensa y el P-dispersión, que intentan maximizar la suma –o la media– de las distancias entre todas las instalaciones, en el primer caso, o identificar el conjunto de instalaciones que maximiza la distancia mínima entre cualquier par de instalaciones, en el segundo caso. Lo aquí expuesto es una síntesis de lo que otros autores han desarrollado de forma más completa y exhaustiva (Bosque Sendra y Moreno Jiménez, 2004, 2010 y 2012).

Los modelos de localización-asignación óptima como recursos para el ordenamiento territorial

En el año 2008 se presentó el avance del Plan Estratégico Territorial Argentina del Bicentenario, cuyo texto definitivo fue concluido en 2010. En este Plan y en los que siguieron (PET 2011, Territorio e Infraestructura, Argentina Urbana e Integración Internacional Territorial), el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios de la Nación instaló en la agenda nacional de políticas públicas, entre otros, un concepto que hemos tratado en estas páginas y sobre el cual venimos trabajando desde hace casi dos décadas, el de *equidad territorial*. Sin duda, como se ha visto, este concepto fue tomando fuerza a lo largo de más de dos siglos, y en la actualidad se encuentra en gran parte de las agendas y planes de gobierno locales, en particular, a través del Plan de Ordenamiento Territorial y del Plan Estratégico Territorial (POT/PET), que se vienen desarrollando, en mayor o menor medida, a escala nacional y local en el marco de la planificación estratégica.

Alcanzar la equidad o justicia territorial –tras un amplio y profundo análisis de la accesibilidad espacial– es una parte importante de la tan anhelada justicia social a la que se aspira en toda sociedad basada en el Estado del Bienestar. Por ello, la utilización de geodatos a través de los SIG y los SADE son recursos que, necesariamente, tienen que ser empleados para realizar el análisis espacial, a los efectos de diagnosticar el modelo de territorio actual, presentar los diferentes escenarios posibles y elegir el modelo deseado. Asimismo, el empleo reiterado de estos recursos permite monitorear o realizar el seguimiento del impacto de las acciones implementadas.

Los ejemplos de utilización de los modelos de localización-asignación óptima, tanto para diagnóstico de la situación como para mostrar escenarios posibles que sugieren mayor equidad territorial, son numerosos en la bibliografía actual, y en particular desde la década de los años ochenta, cuando los SIG se fortalecieron como recurso tecnológico para realizar análisis espaciales. En esta línea, inicialmente la versión completa de ArcInfo incluía una gran familia de modelos de localización. Actualmente, algunos de estos se trasladaron a la versión 10 de ARCGIS, y son considerados un importante conjunto de herramientas para solucionar problemas de localización.

Por su parte, los desarrollos de SADE orientados de manera específica a esta temática posibilitaron un uso más profuso. Ejemplos de estos aplicativos han sido LoLa (concebido en la Universidad de Kaiserslautern, Alemania), Sitation

2. Modelos de localización óptima para evaluar el grado de justicia territorial en...

(elaborado por Mark Danskin), AccessPlan y EduPlan (desarrollados entre la Universidad de Waterloo –Canadá– y el Centro Latinoamericano de Demografía –CELADE–, en Chile), S-Distance (elaborado en la Universidad de Tesalia), Localiza (desarrollado en la Universidad de Alcalá de Henares), Flowmap (generado en la Universidad de Utrecht) y Sextante (Sistema Extremeño de Análisis Territorial). A estos aplicativos *offline* se suman actualmente los desarrollos de WPS (Web Processing Service), que permiten ejecutar rutinas o realizar análisis espaciales *online* utilizando servidores remotos. Esta implementación se ha empezado a difundir a partir de los protocolos que se van generando en la OGC (Open Geospatial Consortium) y nos abren un amplio panorama de trabajo futuro a través de la web.

Los SIG y los SADE, que incluyen desarrollos específicos de modelos de localización-asignación óptima, fueron utilizados en las últimas cinco décadas para mostrar escenarios que mejoran sustancialmente la equidad territorial y permiten visualizar la localización óptima de los equipamientos e instalaciones. En un principio hubo un mayor interés por dar a conocer las condiciones de accesibilidad espacial de los servicios que generan externalidades positivas, proponiendo los escenarios correctivos que permitieran mejorar el acceso de la población y así aumentar la equidad territorial. Numerosos trabajos se centraron en servicios de salud, educación, seguridad, transporte, culturales, deportivos, comerciales, de protección civil, sociales, generando propuestas concretas de ordenamiento territorial. En una segunda etapa, al interés anterior se adicionó la atención por analizar las localizaciones que deberían corresponder a las instalaciones indeseables, con el fin de proteger a la población potencialmente afectada y minimizar la exposición.

Esta línea de investigación, que resulta un aporte más al ordenamiento territorial, constituye un desafío muy importante para los investigadores, y se refiere, por ejemplo, a la localización óptima de depósitos de residuos sólidos urbanos, plantas de tratamiento de residuos sólidos urbanos, plantas destinadas a la incineración de materiales peligrosos, plantas de tratamiento de residuos peligrosos, centrales térmicas, centrales nucleares, antenas, estaciones proveedoras de combustibles, entre otros.

Asimismo, queremos señalar que los modelos son recursos idóneos y pertinentes para trabajar a escala urbana o regional; así lo indica nuestra experiencia personal, que estuvo dirigida a encontrar la localización óptima de hospitales públicos en el Chaco y de centros de salud en el Área Metropolitana del Gran Resistencia (Ramírez y Bosque, 2001; Ramírez, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009 y 2012).

A modo de cierre

En el año 2000 Moreno Jiménez expresaba que la teoría de la localización conforma una sugestiva línea de trabajo que desde hace tiempo ha ido aportando soluciones a problemas de ubicación de actividades de diversa naturaleza (Moreno Jiménez, 2000). En 2001, Ramírez y Bosque señalaban que en la mayoría de las investigaciones referidas particularmente a la provisión de servicios públicos por parte del Estado se ha llegado a la conclusión de que resulta muy difícil establecer el equilibrio justo entre la oferta de servicios y la demanda establecida por los habitantes de un territorio. No obstante, se insiste, de manera continua, en que la búsqueda de ese equilibrio que le permita a la población acceder de forma semejante a todos los servicios públicos financiados por el Estado y, en definitiva, por toda la sociedad debe proseguir, aunque lo más común, hasta el momento, sea descubrir los graves desequilibrios que la realidad contiene (Ramírez y Bosque, 2001).

En 2004, Moreno Jiménez añadía que, si bien los logros que se alcanzan distan mucho del éxito completo, los avances que se están realizando merecen consideración por dos razones: en primer lugar, porque parecen avanzar por el camino adecuado para mejorar la toma de decisiones; y en segundo lugar, porque mientras no se tengan otros mejores, recurrir a los actuales métodos parece legítimo, siempre que se tomen los resultados como aproximaciones parciales a la solución (Moreno Jiménez, 2004). Adhiriendo y abonando las ideas señaladas, queremos agregar, desde nuestra mirada, que los momentos que actualmente acontecen en nuestro país, debido a la importancia que desde las esferas gubernamentales se le está otorgando a la planificación y al ordenamiento territorial, constituyen una oportunidad significativa para mostrar las bondades que aportan los modelos de localización-asignación óptima, apoyados indefectiblemente en la tecnología SIG-SADE, ya que permiten encontrar los escenarios o modelos territoriales que, tras los consensos necesarios, son deseados por toda la sociedad.

Bibliografía

Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (coords.) (2012) *Sistemas de Información Geográfica y localización óptima de instalaciones y equipamientos*. Madrid, Ra-Ma.

2. Modelos de localización óptima para evaluar el grado de justicia territorial en...

- Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (coords.) (2004) *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Madrid, Ra-Ma.
- Bosque Sendra, J.; Díaz Castillo, C. y Díaz Muñoz, M. A. (2002) “De la justicia espacial a la justicia ambiental en la política de localización de instalaciones para la gestión de residuos en la Comunidad de Madrid”. En *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, Tomos CXXXVII-CXXXVIII, 2001-2002, pp. 89-113. Madrid.
- Daskin, Mark (1995) *Network and discrete location. Models, algorithms and applications*. Nueva York, John Wiley and Sons.
- Díaz Muñoz, M.; Rodríguez Durán, A. y Salado García, M. (1999) “Opinión pública y problemas ambientales. El caso para las instalaciones de tratamiento de residuos en la Comunidad de Madrid”. En *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, N.º 85, pp 251-275. Madrid.
- Fernández Palacín, F. (1992) “Algunas ideas sobre análisis locacional”. En *Cuadernos de Geografía*, N.º 3, pp. 49-58. Universidad de Cádiz.
- Ghosh, A. y Rushton, G. (1987) *Spatial analysis and location-allocation models*. Nueva York, Van Nostrand Reinhold Company.
- Harvey, D. (1969) *Teorías, leyes y modelos en Geografía*. Madrid, Alianza Universidad.
- Jordan, R. y Sabatini, F. (1988) “Economía política de los desastres naturales: prevención y capacitación”. En revista *EURE*, Vol. 14, pp. 53-77.
- Moreno Jiménez, A. y Bosque Sendra, J. (2010) “Los modelos de localización óptima como herramientas para la planificación territorial y urbana de instalaciones y equipamientos”. En *Ciudad y territorio. Estudios territoriales*, XLII, 165-166, pp. 461-480. Madrid.
- Moreno Jiménez, A. (2004) “Modelos de localización óptima de instalaciones y equipamientos”. En Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (coords.) *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Madrid, Ra-Ma.
- Moreno Jiménez, A. (2000) “Localización de la población y servicios de farmacia”. En *Población y espacio de la Comunidad de Madrid. Análisis y aplicaciones a nivel microgeográfico*. Informe monográfico del Tomo 4 de la Estadística de Población de la Comunidad de Madrid.

- Ramírez, L. (2012) “Sitios óptimos destinados a la expansión de los equipamientos de atención primaria de la salud en el Área Metropolitana del Gran Resistencia, Chaco (Argentina)”. En Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (coords.) *Sistemas de Información Geográfica y localización óptima de instalaciones y equipamientos*. Madrid, Ra-Ma.
- Ramírez, L. (2009) *Planificación territorial sanitaria y Sistemas de Información Geográfica: una aproximación al conocimiento de la accesibilidad de la población a los equipamientos hospitalarios y de la localización óptima de los hospitales públicos en la provincia del Chaco*, 1.ª edición. Resistencia, Facultad de Humanidades-UNNE.
- Ramírez, L. (2008) “Características demográficas de la población según el acceso diferencial a los centros de salud del Gran Resistencia (República Argentina)”. En *Serie Geográfica*, 14, pp. 235-248.
- Ramírez, L. (2005) “Las tecnologías de la información geográfica aplicadas a la planificación territorial sanitaria”. En *Serie Geográfica*, 12. Madrid, pp. 57-82.
- Ramírez, L. (2004) “Localización de equipamientos deseables en los hospitales de la Provincia del Chaco (Argentina)”. En Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (coords.) *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*, Madrid, Ra-Ma, pp. 205-245.
- Ramírez, L. (2002) ¿Dónde localizar hospitales públicos? “Las nuevas tecnologías SIG como herramientas de apoyo a la planificación territorial. Un caso de estudio aplicado a la Provincia del Chaco, Argentina”. En *Serie Geográfica*, 10. Madrid, pp. 121-130.
- Ramírez, L. y Bosque Sendra, J. (2001) “Localización de hospitales: analogías y diferencias del uso del modelo P-mediano en SIG ráster y vectorial”. En *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 21. Madrid, pp. 53-79.
- Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (2008) 1816-2016 Argentina del Bicentenario. Plan Estratégico Territorial, Avance 2008. Buenos Aires. Argentina.
- Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (2010) 1816-2010-2016 Plan Estratégico Territorial Bicentenario. Buenos Aires. Argentina.

2. Modelos de localización óptima para evaluar el grado de justicia territorial en...

Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (2011) Planificación Estratégica Territorial, Avance II. Buenos Aires. Argentina.

Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (2011) Territorio e Infraestructura. Buenos Aires, Argentina.

Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (2011) Argentina Urbana. Buenos Aires, Argentina.

Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios 2011. Integración Territorial Internacional. Buenos Aires, Argentina.

Referencias en línea

Bosque Sendra, J.; Gómez Delgado, M.; Moreno Jiménez, A. y Dal Pozzo, F. (2000) "Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos". En *Estudios Geográficos*, 241: 567-598. Disponible en: http://www.geogra.uah.es/joaquin/pdf/SADE_Localizacion.pdf.

Duch Brown, N. (2005) La teoría de la localización. Disponible en: http://www.eco.ub.es/~nduch/postgrau_archivos/Duch_localizacion.pdf.