

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 Celemin

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

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

PREFACIO

Este libro pretende sistematizar una secuencia de aplicaciones de Tecnologías de la Información Geográfica a la solución de problemas de planificación y gestión pública municipal. Estas aplicaciones fueron desarrolladas en el marco de acuerdos de cooperación, proyectos o actividades de extensión gestadas desde la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, y llevadas a cabo por integrantes del Centro de Investigaciones Geográficas (CIG/IGEHCs UNCPBA/CONICET) con vinculación directa al área técnica a través de sus actividades de investigación, extensión y/o docencia.

Se adopta como principio organizador de cada una de las aplicaciones, el enfoque centrado en la resolución de problemas reales en el ámbito de la gestión pública, el cual, frente a otros más centrados en las técnicas o en las tecnologías, posee una superior significación y motivación para los funcionarios y usuarios de estas tecnologías, ya que permite develar los resultados concretos de las aplicaciones de SIG y Teledetección a problemáticas comunes y recurrentes en la región del centro y sudeste bonaerense. Dentro de las áreas de estudio, se incluyen aplicaciones a las ciudades de Mar del Plata, Balcarce, Ayacucho, Tandil y Olavarría.

El presente libro está organizado en trece capítulos y las consideraciones finales. El primero de los capítulos presenta las bases teóricas y conceptuales de una Geografía Aplicada a la solución de problemas socioespaciales mediante Sistemas de Información Geográfica. El resto de los capítulos sintetizan las experiencias ejecutadas sobre algunas áreas temáticas que caracterizan a la organización interna y operativa de las municipalidades seleccionadas, focalizadas en este caso en las áreas de Desarrollo Social, Salud, Educación, Catastro, Obras Públicas y Servicios y Gestión Ambiental.

Pretendemos que este libro constituya un aporte en un doble sentido, por un lado, desde la extensión universitaria, poniendo al servicio de la sociedad la producción de sus saberes y conocimientos y siendo orientada por ésta en la identificación de los nuevos problemas que la atraviesan. Por otro lado, un aporte desde la Geografía Aplicada con apoyo geotecnológico, que vincula los desarrollos más significativos de la cartografía digital, percepción remota, modelización y análisis espacial cuantitativo a la planificación y gestión territorial.

Santiago Linares
(Coordinador)

PRÓLOGO

Antonio Moreno Jiménez

Dpto. de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España

Hace ya tiempo que se acuñaron las expresiones “sociedad del conocimiento” y “sociedad de la información” para designar una nueva fase en la evolución de las sociedades, caracterizada por una presencia sobresaliente de esos “bienes” tan valiosos y estimados. En fechas más recientes, se ha argüido en algunos escritos, que el conocimiento e información geográficos, cuyo papel andaba algo rezagado, se estaban incorporando crecientemente como componente esencial de ese nuevo estadio, proporcionando innovaciones y oportunidades para el progreso humano, insólitas hasta hace pocas décadas. La locución “sociedad de la geoinformación” (Moreno, 2010) ha venido a etiquetar ciertamente este rasgo, que en estos momentos está en plena etapa de eclosión, sin haber llegado aún, a nuestro entender, a la de plenitud.

Convendría tener presente que la gestación de ese excelente producto que es el conocimiento, en tanto que información elaborada y cargada de utilidades fruto del intelecto humano, tiene lugar en un subsector, pequeño en términos de empleo, que en las taxonomías al uso se identifica como “servicios a los productores”, pero que en cuanto a relevancia económica posee, al juicio de una amplia mayoría de expertos, un significado muchísimo mayor porque su *output* constituye un insumo decisivo para terceros, fundamentalmente organizaciones (sean empresas, instituciones públicas o no lucrativas). La convicción de que tales actividades son una condición *sine qua non* para el desarrollo humano y territorial, en su sentido más amplio, ha sido postulada y avalada por diversos estudios (e. g. Illeris, 1989; Moreno y Escolano, 1992, cap. 1). Las funciones de investigación científica, como es sabido, caen en dicho subsector.

Estas consideraciones preliminares se justifican por el hecho de que el presente libro constituye un ejemplo genuino de conocimiento producido desde instituciones públicas, con la intencionalidad abierta de aportar utilidades a otras organizaciones, muchas de ellas públicas, pero también privadas, cuya misión les obliga a formar y tomar decisiones de diverso tenor que condicionan cómo las comunidades humanas se organizan sobre el territorio, cómo despliegan su vida cotidiana en una relación dialéctica con el medio ambiente, cómo se comportan para satisfacer su abanico de necesidades, etc. Hablamos, pues, del marco espacial del ser humano, del medio que nos facilita o complica nuestro decurso existencial. No puede resultar más atinado citar aquí la celebrísima sentencia del filósofo Ortega y Gasset (1914) en sus *Meditaciones del Quijote* que traslucía un fecundo entendimiento de la persona: “Yo soy yo y mi circunstancia y si no la salvo a ella no me salvo yo”. La interpretación más

cabal de esta última ha sostenido que en dicha circunstancia queda axiomáticamente integrado, entre otros componentes, el entorno (social, espacial, ambiental, ...).

Tal espacio personal nos resulta configurado por la actuación de agentes múltiples, pretéritos y actuales, pero son las decisiones bien meditadas y ejecutadas sobre el mismo, como las que solemos reconocer con los términos de planificación y gestión (territorial, ambiental, económica, etc.), las que pueden lograr reducir los desaciertos y las consecuencias negativas, y atinar en las opciones más convenientes para las comunidades localizadas y para la humanidad en su conjunto. Con esas actividades se trata de, tras un estudio riguroso y metódico que diagnostique los problemas, identificar las “soluciones” que parezcan mejores. Y este libro apunta precisamente a esa meta: poner el conocimiento obtenido con datos, técnicas, tecnologías y análisis sobre los lugares, y los procesos y agentes que sobre ellos operan, al servicio de una formación de decisiones mejorada, en aras de avanzar hacia estructuras territoriales más convergentes con las aspiraciones y necesidades de los grupos humanos y más armónicas con el medio donde habitan; y ello tanto a corto, como a largo plazo.

Suele afirmarse que uno de los problemas peor resueltos en muchos países estriba en lograr que ese conocimiento geográfico sea conocido, asimilado, valorado y utilizado por parte de ciertas categorías de sus destinatarios más genuinos, como son las organizaciones. Usando la analogía del marketing se podría decir que las decisiones estratégicas sobre las famosas 4P (producto, precio, promoción y lugar / *place*) no parecen haber sido muy atinadas, tratándose, como sabemos, de una mercancía tan singular y heterogénea como es el conocimiento científico. Es bien sabido también que generar innovaciones (productos) excelentes no es garantía de que luego se aprovechen sus utilidades latentes. Hay ciertos campos en los que ese trasvase es rápido y muy efectivo, e. g. la medicina, las tecnologías de la información, etc., explicable por los palpables e inmediatos beneficios que se derivan (en salud, en rentas, etc.), pero en otros muchos campos, la adopción de innovaciones es un proceso mucho más lento.

De una manera sintética se podría proponer que para avanzar hacia un trasvase efectivo de las innovaciones del saber a los destinatarios, habría de solventarse un cierto número de problemas en diversas fases de ese proceso, entre las que señalaríamos las siguientes:

1. Obtener y disponer productos de conocimiento útil, capaces de orientar las decisiones y acciones humanas de forma más certera.
2. Preparar dichos productos de manera que sean más asimilables por los distintos segmentos de destinatarios potenciales (comunidades científicas, expertos y profesionales, ciudadanos, ...), favoreciendo la

comprensión de sus ventajas.

3. Identificar y localizar los agentes y organizaciones (públicas y privadas), capaces de asumir e impulsar, de manera fiable, eficiente y efectiva, actuaciones acordes con ese conocimiento.
4. Vehicular dicho saber a través de canales efectivos de difusión y transferencia.
5. Disponer de un marco normativo que legitime, viabilice y respalde la adopción de ese conocimiento en las decisiones territoriales.
6. Poner en práctica las soluciones a problemas territoriales, mediante mecanismos de gestión eficaces.

Parece obvio que la responsabilidad en ellas se halla compartida entre agentes diversos, entre los cuales se incluyen los propios centros de investigación universitarios. Por ello resulta meritorio el esfuerzo que en este libro se desvela por abordar varios de esos problemas y retos recién enumerados, cuando expone en sus diferentes capítulos, de forma fácilmente comprensible, un abanico amplio y muy ilustrativo de estudios sobre asuntos que la gobernanza municipal ha de atender y solventar: el reparto de recursos para la mejora de viviendas, los desplazamientos de niños a lugares de actividades formativas, la determinación de patrones de epidemiología espacial, la valoración de la accesibilidad espacial y la localización óptima de centros educativos, la evaluación crítica de una fuente importantísima y básica para las políticas locales como es el catastro urbano, la caracterización de la localización de establecimientos comerciales, el análisis del consumo de agua potable, la ubicación accesible de puntos de recogida de residuos sólidos urbanos, las temperaturas dentro de la ciudad o la simulación de zonas inundables. Todo ello queda elocuentemente ilustrado con elementos de visualización, figuras y mapas, idóneos para comprender el mensaje cognoscitivo y captar el alcance de los problemas, y para plantear posibles soluciones a los mismos, como atinadamente señala el título.

Dos facetas, con muy distinto significado, de las contribuciones realizadas merecen señalarse. Por un lado, el hecho de que los estudios de caso presentados se hayan llevado a cabo con la colaboración de entidades públicas competentes en esa materia en un territorio concreto, lo que implica un realismo muy de agradecer, por cuanto servirá de ejemplo para otros lugares. Y por otro, el adoptar una praxis científica que se ha calificado de “geotecnológica” (Moreno, 2013a) o paradigma geotecnológico (Buzai, 2001) y que ha venido a plasmar en la Geografía la definida por algunos epistemólogos como tecnociencia (Moreno, 2015). Esa está siendo la forma bajo la cual los mejores avances en el conocimiento geográfico actual se están produciendo, por cuanto ese maridaje de tecnología y ciencia, como un todo indisoluble, se retroalimenta y proporciona una potencia y capacidad gnoseológica sin prece-

dentes en la historia. En esta obra ello se materializa precisamente mediante el recurso intensivo a tecnologías sofisticadas como los SIG, software de tratamiento digital de imágenes o de análisis espacial, incluso ocasionalmente desarrollado por los autores para facilitar aplicación de ciertas técnicas de manera amistosa y asequible.

Todas aquellas cuestiones urbanas citadas antes, que atañen a estructuras y procesos, y a las interacciones con el ambiente, afectan a ciudadanos y a empresas, y son materias donde los gobiernos han de intervenir proactiva y eficazmente, bien como responsables de la planificación, bien de la gestión.

De lo dicho se colige que estamos ante una bien enfocada obra de divulgación que pretende, y estimo que conseguirá, desvelar ante los ojos y la mente de los lectores destinatarios, singularmente profesionales, ciudadanos, políticos, aparte de la propia comunidad académica, las virtualidades del conocimiento geográfico que, en no pocas ocasiones e imprudentemente, ha sido ignorado, de forma consciente o no, por los decisores.

Como es bien conocido, el saber geográfico apareció ya en los albores de la cultura occidental como un bagaje imprescindible para ocupar y organizar territorios del planeta y para ayudar a satisfacer las aspiraciones legítimas de las comunidades humanas. Hoy en día esas aspiraciones, que bajo la forma de principios cristalizados en los medios intelectuales y científicos, reiterados luego en los medios de comunicación y manejados cotidianamente en conversaciones y debates, conforman un sentir compartido en las modernas sociedades. Conceptos-valor tales como los de calidad de vida y bienestar, equilibrio espacial, eficiencia y competitividad (económica y territorial), sostenibilidad (ambiental, económica y sociodemográfica), cohesión (social y territorial), equidad espacial, justicia ambiental, libertades y corresponsabilidad (en decisiones individuales y colectivas), que en otros trabajos hemos examinado (e. g. Moreno y Vinuesa, 2009; Moreno, 2013b), nos aparecen hoy en día como referentes insoslayables. Ello lo ratifica el hecho de que permean proclamas políticas y normativas, planes de ordenación del territorio *sensu lato*, programas de ayuda solidaria, e incluso hasta planes de empresas, etc., aunque su aplicación efectiva diste aún de lograrse totalmente. Se trata de un corpus doctrinal que, además de conocido e internalizado socialmente, está llamado y debe orientar, avalar y legitimar las decisiones que los responsables públicos y privados suelen afrontar, y de las que muchos otros actores sociales no deben ni quedar excluidos, ni eludir su implicación, sustentada en buen conocimiento. La “casa” terrenal en la que discurre nuestra vida, la que usamos y tenemos que mantener, no termina en la puerta de nuestra vivienda, sino que se extiende, y cada vez más lejos, por nuestro barrio, ciudad, región, país, continente, planeta y galaxia. Esos principios nos deberían mentalizar y movilizar como ciudadanos para conocer algo mejor, de un lado, cómo las

oportunidades y amenidades y, de otro, las amenazas y desventajas contenidas en el espacio, se generan y reparten, y cómo podríamos satisfacer nuestras necesidades de la mejor forma. Esa cuestión, compleja pero aprehensible, es con la que la Geografía actual está comprometida y a la que está aportando valiosas y convincentes respuestas y este libro, elaborado por investigadores de varios centros y universidades de Tandil y Luján (Argentina), es un buen ejemplo de labor pedagógica necesaria para ilustrar a públicos variados de ese tesoro cognoscitivo que este saber antiguo, pero cada día renovado, encierra.

Madrid, diciembre 2015

BIBLIOGRAFÍA

- Buzai, G. D. (2001). Paradigma Geotecnológico, Geografía Global y Ciber-Geografía, la gran explosión de un universo digital en expansión. *GeoFocus* (Artículos), (1): 24-48.
- Illeris, S. (1989). Producer services: the key sector for future economic development?., *Entrepreneurship & Regional Development: An International Journal*, 1(3):267-274.
- Moreno Jiménez, A.; Escolano Utrilla, S. (1992). *El comercio y los servicios para la producción y el consumo*. Madrid, Síntesis.
- Moreno Jiménez, A. (2010). GeoFocus: diez años en el camino hacia la sociedad de la geoinformación. *GeoFocus* (Editorial), (10):1-6.
- Moreno Jiménez, A. (2015). Singularidades gnoseológicas de la praxis geotecnológica en la ciencia geográfica, en Fuenzalida Díaz, M. A.; Buzai, G. D.; Moreno Jiménez, A.; García de León, A. (2015). *Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones*. Santiago de Chile, Ed. Triángulo, p. 17-30.
- Moreno Jiménez, A.; Vinuesa Angulo, J. (2009). Desequilibrios y reequilibrios intrametropolitanos: principios de evaluación y metodología de análisis. *Ciudad y Territorio - Estudios Territoriales*, LXI, (160):233-262.
- Moreno Jiménez, A. (2013a). El desarrollo equilibrado como enfoque para la formación y valoración de decisiones en el contexto del planeamiento urbano de Madrid, en Vinuesa, J.; Porras, D.; De la Riva, J. M.; Fernández, F. (Ed.). *Reflexiones a propósito de la revisión del plan general de Madrid*. Madrid, Grupo TRYS, p. 597-621
- Moreno Jiménez, A. (2013b). Entendimiento y naturaleza de la científicidad geotecnológica: una aproximación desde el pragmatismo epistemológico. *Investigaciones Geográficas*, (60), p. 5-36.

GEOGRAFÍA APLICADA



GEOGRAFÍA APLICADA A LA SOLUCIÓN DE PROBLEMÁTICAS SOCIALES

Gustavo D. Buzai —

INTRODUCCIÓN

Los libros clásicos publicados sobre Geografía Aplicada (Phlipponeau, 1960; Stamp, 1960), estuvieron principalmente focalizados en presentar la utilidad de la Geografía a través del apoyo tradicional del trabajo de campo y su representación cartográfica, mostrando gran interés por los avances en el uso de fotografías aéreas para el estudio de la organización del territorio con fines prácticos de planificación y gestión.

En la última década no han podido dejar de ser considerados los notables avances digitales realizados por las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), principalmente los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta fundamental de apoyo a las actuales aplicaciones (Pacione, 1999; Phlipponeau, 2001) sustentada en la teoría geográfica y con gran valorización en aplicaciones multidisciplinarias.

Las etapas que pueden verse en el desarrollo de la Geografía Aplicada se encuentran fuertemente vinculadas al desarrollo conceptual de la Geografía como ciencia. A finales del siglo XIX surge como apoyo a la expansión militar y comercial del Estado, transita un período idiográfico en la primera mitad del siglo XX (1900-1950) con centralidad en la región y los cambios de usos del suelo. Desde mediados del siglo XX (1950-1970) se apoya en la Geografía Cuantitativa que le brinda una perspectiva nomotética a partir del uso de modelos y leyes científicas, en los siguientes años (1970-1980) existe un papel activo que la lleva hacia una apertura multidisciplinaria y a finales del siglo XX (1980-2000) se apoya claramente en la construcción de la Geografía Automatizada.

Actualmente la Geografía Aplicada vive un importante auge al recibir un apoyo geotecnológico que vincula los más logrados desarrollos en cartografía y percepción remota, junto al tratamiento estadístico del análisis multivariado. Los SIG, con centro en el desarrollo teórico de la Geografía, han permitido consolidar esta situación.

La relación entre la Geografía y los SIG resulta de suma importancia y es así como surgieron aportes específicos desde Iberoamérica (Buzai, 2006, 2014a, 2015; Moreno Jiménez, 2013, 2015; Linares, 2014; Fuenzalida Díaz, 2015; Romero Méndez, 2015; Ruiz Almar, 2010, 2015) que intentan desentrañar el

sustento conceptual que la Geografía brinda de manera generalizada a través de las nuevas tecnologías. Sobre todo cuando a través de los SIG la Geografía llega a una valorización generalizada por la ciencia en la *Geografía Global* y por la sociedad en la *Neogeografía* (Buzai y Ruiz, 2012; Buzai, 2014b).

En el año 2015 dos obras en idioma castellano a colectivas de carácter general, se encuentran en prensa a ambos lados del Océano Atlántico y claramente muestran la evolución positiva de la temática. La Geografía Aplicada ha llegado a su etapa de madurez a partir de la formulación de actuales sistematizaciones: Garrocho y Buzai (2015) y López Trigal (2015). La presente obra (Linares, 2016) aporta aplicaciones actualizadas al acervo temático.

El presente capítulo se desarrolla sobre un hilo conductor centrado en la organización del territorio. La Geografía como ciencia aplicada que genera herramientas para su focalización en la dimensión espacial y los aspectos conceptuales que sustentan diferentes niveles de análisis e intervención en el marco del *materialismo sistémico*.

Todo este desarrollo está sustentado en un claro objetivo. La Geografía Aplicada se aboca a la aplicación de conocimientos y habilidades geográficas para la resolución de problemas sociales, económicos y ambientales.

ORGANIZACIÓN DEL TERRITORIO

Cuando hacemos mención a una Geografía Aplicada estamos considerando a la Geografía como una ciencia que tiene utilidad para la resolución de problemáticas socio-espaciales y, en este sentido, una de sus principales posibilidades de aplicación se encuentra relacionada con la gestión orientada a la organización del territorio.

Toda gestión política del territorio se compone de tres elementos constitutivos: el territorio, la población y el poder. La organización territorial resultante corresponde a distribuciones espaciales de entidades que se sustentan en aspectos legales y que quedan contenidas empíricamente en divisiones político-administrativas en diferentes escalas.

El territorio se constituye en una delimitación de la superficie terrestre en la cual se manifiesta el poder de dominio. Puede ser el espacio que un animal defiende como propio o sobre el cual un individuo tiene un título de propiedad, o el que un gobierno administra políticamente.

Si bien tiene origen en la Ornitología a principios del siglo XX, actualmente se constituye en un concepto central para la Geografía, ya que se plasma en él la tradición ecológica que corresponde al estudio de la relación del hombre con el medio, más tarde actualizada a la relación de la sociedad con la naturaleza, pero siempre manteniendo componentes humanos y físico-naturales.

Asimismo propicia una ampliación que lleva de la región homogénea a

considerarlas como entidades polarizadas a partir de considerar un espacio articulado por centros urbanos y redes que lo conectan. En este sentido, la organización del territorio es el resultado de lógicas basadas en múltiples interacciones sustentadas principalmente en aspectos económicos y políticos específicos. Aparecen así, fisonomías paisajísticas específicas en la realidad y homogeneidad de variables desde un punto de vista analítico que pueden llevar a criterios demarcatorios como la regionalización (Humacata, 2014).

La Geografía Aplicada aborda la organización del territorio a través de una investigación científica que se apoya en los cinco conceptos principales del Análisis Espacial: *Localización* en ubicaciones específicas, *Distribución Espacial* en la forma en que se reparten diferentes entidades sobre el espacio geográfico, *Asociación Espacial* a través de la correspondencia que existe entre diferentes distribuciones, *Interacción Espacial* mediante relaciones de desplazamiento horizontal y *Evolución Espacial* ante la incorporación de la dimensión temporal.

Estudiar la totalidad de estos aspectos lleva a la realización de diferentes diagnósticos espaciales, principalmente de aspectos poblacionales, económicos y ambientales, que llevan a un panorama de apoyo al descubrimiento de la Síntesis Territorial como expresión máxima de la modelización de la organización del territorio.

EL TERRITORIO COMO SISTEMA COMPLEJO

Las distribuciones espaciales no se producen de manera aleatoria, sino que pueden vincularse a formas de comportamiento general que llevan a la formulación de leyes científicas que pueden explicar la organización del territorio. Desde un punto de vista sistémico, la Geografía se entiende como la ciencia que estudia las leyes que rigen las pautas de distribución espacial.

El considerar estas leyes permite realizar predicciones teóricas respecto de las configuraciones espaciales futuras en un claro ejemplo de lo que sería una Geografía Aplicada prospectiva, una ciencia de *what-if* que con el descubrimiento de relaciones de causalidad, podría modelar escenarios futuros ante cualquier intervención prevista que cambie las condiciones de accesibilidad territorial.

Las investigaciones científicas en general apuntan a estudiar no sólo objetos específicos, sino que tiene particular interés en sus relaciones. De esta manera la perspectiva científica aborda totalidades al considerar la realidad como sistema.

Un marco de abordaje sustenta la Teoría General de los Sistemas (TGS) formulada por Bertalanffy (1968) como construcción intelectual global que avanza empíricamente en el estudio de elementos y relaciones con el objetivo central de encontrar las similitudes modelísticas estructurales entre diferentes

sistemas. De esta manera se ponen en evidencia aspectos matemáticos que pueden ser utilizados para estudiar y describir comportamientos en diferentes escalas, desde una célula hacia una galaxia, pasando por toda la escala humana.

En un sistema no es posible explicar elementos aislados, sino que adquieren su total magnitud cuando se relacionan diferentes elementos en el marco de la estructura global que los vincula. La TGS permite unir las piezas separadas que produce la especialización científica y brinda posibilidades globales de análisis.

La aplicación de la TGS en el estudio de la organización del territorio permite obtener resoluciones a través del uso de las matemáticas como lenguaje de la ciencia, y de la geometría como el lenguaje de las formas espaciales (Bunge, 1962).

La calibración de modelos puede mostrar algunas especificidades que surgen para diferentes temáticas y escalas. Existen modelos de la física cuántica que intentan descubrir singularidades en el espacio infinitamente pequeño e infinitamente grande (Hawking, 1992), aspecto que en la Geografía comenzó a avanzar a través de la aplicación del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (ESDA) y el cálculo de estadísticas locales. Aunque éstos no contradicen los patrones generales si se lo conceptualiza desde una perspectiva de mayor amplitud.

La consideración de especificidades llevará a centrar la atención en diferentes escalas en la búsqueda de complementaciones. Esta posibilidad llegó a través de la Teoría de los Sistemas Complejos (TSC) formulada por García (2006) en base a los trabajos realizados en Epistemología Genética por Jean Piaget.

La TSC demostró importantes capacidades en dos niveles principales; en el estudio de la organización territorial y en la construcción de conocimientos en base a su aptitud epistemológica (Piaget y García, 1983; García, 1997).

Estas capacidades resultan posibles porque concibe a la realidad como una organización estratificada a partir de escalas con organizaciones semi-autónomas. Al aplicar conceptos de la TSC al estudio de la organización territorial, se realizan abordajes que podrían desembocar en tres niveles, uno *focal* que sería el de resolución propio de la temática, uno *supra-focal* de mayor amplitud y uno *infra-focal* de mayor nivel de detalle. De esta manera existe una importante estabilidad teórica, ya que teorías aptas en un nivel pueden no serlo en otros, es decir, que una teoría no se invalida de manera total, sino que solamente en determinados niveles de análisis.

La TGS se focaliza en aspectos generales y la TSC incluye aspectos específicos. Ambas brindan la posibilidad de estudiar la realidad como totalidad en sus múltiples dimensiones y detalles (Buzai y Cacace, 2012). El nivel de la Geografía Aplicada es espacial, la focalización principal está puesta en las soluciones espaciales a problemáticas sociales.

LA PERSPECTIVA EMPÍRICA DE LA GEOGRAFÍA APLICADA

El hábitat humano genera el sistema Mundo y el planeta brinda el espacio absoluto del sistema Tierra. Ambos en conjunto representan la materialidad empírica de mayor extensión para los estudios geográficos y proveen el dominio material de la Geografía como ciencia. Considerar ambos sistemas en vinculación, permite captar la vigencia de la definición ecológica de la Geografía y de los estudios geográficos concretos basados en la materialidad y, a través de la Geografía Aplicada, poder actuar en ella.

Considerar la actividad científica, y con ello a la Geografía, como ciencia empírica no significa avalar el empirismo como actividad objetiva que capta puramente los hechos de la realidad a través de la experiencia pura. Sin embargo, la razón humana se presenta como la principal fuente del conocimiento científico y minimiza los grados de arbitrariedad en el momento de realizar generalizaciones no contradictorias avanzando en la construcción de conocimientos. Esto resulta posible porque la realidad existe de forma independiente del observador (Rand, 2011) y es por eso que es posible verificar claramente que el análisis de la realidad puede orientarse hacia una función cognitiva y una función de manipulación (Soros, 2010).

Desde una postura constructivista los sistemas no están definidos pero son definibles. La construcción sistémica en cualquier escala y extensión se realiza a través de los *datos* como estímulos generados por la realidad, los *observables* como datos interpretados por el observador, y los *hechos* formados por la relación entre observables.

Una cuestión central a ser resaltada en esta instancia es que a través de esta perspectiva se aborda la realidad como una estructura perteneciente a una totalidad estratificada y de esta manera contar con la posibilidad de apoyarse en marcos conceptuales aptos para cada escala. Esto constituiría una perspectiva en tercera dimensión de la metodología de los programas de investigación propuestos por Lakatos (1977).

Cuando se estudian sistemas complejos es posible utilizar teorías diferentes y específicas para cada escala. Entre lo infinitamente grande y lo infinitamente pequeño se encuentra la escala humana, que puede considerarse un espacio infinitamente complejo, en el sentido de complicado (de Rosnay, 1977), no en el sentido que presenta la TSC.

La Geografía Aplicada se basa actualmente en el análisis espacial cuantitativo con SIG y su focalización es empírica. Para lograrlo, su hilo conductor parte de considerar que la realidad existe (realismo), que puede ser estudiada a partir de sus elementos materiales (materialismo), que estos elementos se relacionan ampliamente en la conformación de sistemas (sistemismo), y que la forma más eficiente de acceder a ello es a través de la ciencia (cientificismo)

(Bunge, 2012). De esta manera, de acuerdo a Bunge (2014) el método de abordaje es el *Materialismo Sistémico*.

TECNOLOGÍA GEOGRÁFICA Y MATERIALISMO SISTÉMICO

El término Geografía Automatizada hace referencia al proceso por el cual, a partir de iniciada la década de 1980, se incorporan al análisis espacial nuevas posibilidades de resolución a partir de las tecnologías digitales. Fue propuesto por Dobson (1983) y queda operativamente firme a partir de la integración de los sistemas a partir de la década del 2000 (Buzai y Ruiz, 2012).

Estas tecnologías digitales presentan una gran variedad de posibilidades de aplicación y los SIG, como tecnología de integración, se han convertido definitivamente en el principal medio para realizar un análisis socio-espacial con el fin de proveer caminos de solución a las problemáticas concretas que demandan una efectiva planificación y gestión territorial.

La valorización generalizada de estas aplicaciones ha sido muy importante y su prestigio creció progresiva y simultáneamente a la incorporación conceptual de las variables de localización (x, y), de atributos (z) y de tiempo (t) en estudios interdisciplinarios. En la práctica, la totalidad de las dimensiones se consideran imprescindibles para poder estudiar el mundo real como totalidad sistémica.

La transformación del mundo real en un modelo digital con posibilidades de ser trabajado mediante procedimientos computacionales, exige una serie de operaciones conceptuales que finalizan al nivel de *byte*. Mediante estas transformaciones, que comportan procesos de fragmentación y estandarización de la información espacial, todo objeto geográfico puede definirse digitalmente a través de una geometría particular (punto, línea, polígono, raster o x -tree), una localización precisa en el espacio absoluto (x -y o geográficas), una serie de atributos (campos de información-variables o capas temáticas-*layers*) y su existencia en un momento histórico (instante de realización de las mediciones).

La concreción de estos aspectos mediante medios computacionales se logra a través de la generación de *bases de datos alfanuméricas* y *bases de datos gráficas*.

Las primeras corresponden al almacenamiento de datos alfanuméricos que representan los atributos de cada entidad ubicada en el espacio geográfico, y los *software* que se utilizan para su tratamiento son los *Editores de Textos* (EDT), *Administradores de Bases de Datos* (ABD), *Planillas de Cálculo* (PLC), *Programas de Análisis Estadístico* (PAE) y *Sistemas de Posicionamiento Global* (GPS), y las segundas al almacenamiento de los aspectos geométricos, y los *software* que se utilizan para su tratamiento son los programas de *Diseño Asistido por Computadora* (CAD), *Mapeo Asistido por Computadora* (CAM), *Gestión de Infraestructura* (AM-FM), *Sistema de Información de Tierras* (LIS), *Procesamiento Digital de Imágenes*

(PDI) y *Modelado Numérico de Terreno* (MNT).

Ambos grupos de tecnologías han experimentado un continuo proceso de convergencia a través de la creciente compatibilidad de *software* durante más de dos décadas (1964-1990) para, posteriormente, registrar un avance hacia la plena circulación de resultados en los siguientes veinticinco años (1990-2015).

Cuando se combinan las bases de datos alfanuméricas y gráficas y se refieren espacialmente a un sistema de coordenadas geográficas (*Georreferenciación*), se obtiene una inicial definición de SIG que se ubica en posición de núcleo del campo de la Geoinformática (Buzai y Baxendale, 2011). Esto resulta posible porque la Geoinformática no se define a través del tipo de programas computacionales que la integran, sino a través de la clase de información que maneja: información geográfica o *geoinformación*. Por lo tanto, todo tipo de aplicación computacional podría ser incluida dentro del concepto de Geoinformática, desde las más generales hasta las más específicas, pues todas se relacionan en enlaces de sucesivas vinculaciones que posibilitan la creación de modelos digitales de la realidad.

La convergencia de *software* tuvo resultados técnicos altamente satisfactorios y las posibilidades fueron ampliadas hacia instancias de circulación de la información superando ampliamente el campo de las computadoras personales, avanzando hacia los campos de la multimedia y el ciberespacio a través del denominado GIS *On-Line*.

Actualmente, al mismo tiempo en que se amplían las posibilidades que ofrece el ciberespacio como medio, aparece la Neogeografía, a través de la difusión popularizada de tecnologías en las cuales el componente espacial resulta central y conjuntamente a la disponibilidad de datos geográficos masivos. Así pues, se vislumbra que estas altas capacidades en la utilización de datos y su procesamiento se dirigirán hacia la realidad virtual, a partir de la cual se experimentarán inmersiones perceptivas en el entorno geográfico digital.

Los primeros pasos en esta dirección se están dando a través de la *realidad aumentada*, lo cual implica que será necesario realizar un análisis tecnológico de mayor amplitud al relacionarse con estudios psicológicos que aborden la relación entre usuarios y nuevas tecnologías que representan cada vez más realísticamente el mundo.

LA GEOGRAFÍA APLICADA EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Como se ha sistematizado en Baxendale (2010) y Buzai y Baxendale (2010, 2012b, 2013), se detallan a continuación las diferencias entre la planificación y la gestión como componentes del Ordenamiento Territorial.

El Ordenamiento Territorial, como actividad de carácter aplicado, presenta

un *componente científico* asociado al uso de conocimientos, metodologías y herramientas para el análisis territorial, y un *componente profesional* en el que se plasman legalmente una serie de normativas y prácticas orientadas a actuar sobre las estructuras territoriales siguiendo una directriz política (Tapiador, 2001). La Geografía Aplicada provee un importante contenido al primer componente y apoya conceptualmente al segundo.

En cuanto a su operatividad concreta, asociada con esta clasificación, es posible diferenciar en el interior del Ordenamiento Territorial una serie de componentes vinculados con actividades de carácter secuencial: la *Planificación Territorial* y la *Gestión Territorial*, cada uno con sus propios contenidos.

La instancia de *Planificación Territorial* contempla acciones organizadas de carácter científico-profesional y la *Gestión Territorial* las de carácter ejecutivo, ambas con la finalidad de obtener el desarrollo armónico y sostenible de un objeto de estudio y de intervención.

La *Planificación Territorial* es de base tecnológica-científica. Su primera etapa, el *Diagnóstico*, realiza el análisis del sistema territorial pasado, presente y sus posibilidades futuras, y encuentra sustento científico en la Geografía Aplicada ante la utilización de procedimientos del Análisis Espacial tendientes a interpretar aspectos estructurales; su segunda etapa, la *Propuesta*, apunta a la búsqueda de alternativas que lleven a modificar la estructura del sistema y sus tendencias en la búsqueda de soluciones, las cuales estarán orientadas principalmente hacia una serie de objetivos fundamentales como resultan ser la búsqueda de equilibrios territoriales con eficiencia, justicia espacial, equidad (económica y social) y sostenibilidad, el desarrollo regional, la compatibilidad de usos del suelo y la mejora en la calidad ambiental y calidad de vida (Gómez Orea, 2008; Salado García, 2010; Fuenzalida Díaz y Moreno Jiménez, 2007, 2012).

Es en este nivel en el cual la Geografía Aplicada, apoyada en los SIG, encuentra una importante posibilidad de concreción en la realización de aportes al Ordenamiento Territorial como práctica de importancia. Una práctica que ha evolucionado históricamente en diferentes tipos de abordajes, como el físico, ambiental, participativo y estratégico, aunque independientemente de esto el Análisis Geográfico se orientará exclusivamente a la focalización espacial de las problemáticas territoriales

LA GEOGRAFÍA APLICADA EN APOYO A LA GESTIÓN TERRITORIAL

Si bien consideramos el papel preponderante que los SIG y la Geografía ofrecen en la Planificación Territorial como componente del Ordenamiento Territorial, debemos recordar la estrecha vinculación existente entre planificación y gestión y por lo tanto indicar también el protagonismo que presenta para la Gestión Territorial al momento de realizarse la implementación y segui-

miento de las propuestas.

Conceptualmente podemos considerar que “el seguimiento y control de un plan se refiere a la recolección, registro, análisis, e interpretación de los datos sobre la materialización de las previsiones del plan y sobre sus efectos, así como su transmisión a los responsables con poder de decisión” (Gómez Orea, 2008:617). Por lo cual el autor citado considera que el seguimiento comprende por un lado las actividades relacionadas con los datos: medición, recolección, registro, procesamiento y análisis, y por otro, las relacionadas con la transmisión de la información a los organismos y agentes socioeconómicos encargados de la gestión del plan así como a la población afectada.

Por lo tanto, cabe señalar el valioso aporte que los SIG ofrecen en la administración pública para la actualización de información georreferenciada según relevamientos periódicos realizados por el organismo público en cuestión u otros organismos, como también por organismos no gubernamentales y ciudadanos particulares con las posibilidades de integración entre bases de datos y el necesario flujo de información.

Dicha actualización es la que permite, ante la implementación de las propuestas territoriales, realizar su seguimiento, evaluar resultados de su concreción, evaluar situaciones inesperadas, dar rápidas respuestas a nuevas problemáticas territoriales coyunturales que vayan surgiendo, realizar nuevas propuestas y llevar registro espacial de las decisiones tomadas y actividades realizadas.

Metodológicamente, al momento de la gestión, surge también la necesidad de realizar rápidos análisis de localización, distribución, asociación, interacción y evolución espacial –con los procedimientos mencionados en el apartado sobre Planificación–, de los efectos de las propuestas territoriales implementadas según decisiones tomadas por el grupo político que ostenta la dirección del organismo público en cuestión.

Cuando las problemáticas de la Organización Territorial se incorporan como política de Estado, se avanza hacia las prácticas del Ordenamiento Territorial. Estas etapas van desde el estudio de la estructura espacial hacia la acción mediante la puesta en marcha del plan. La relación entre la producción científica y su implementación efectiva por parte de la administración política se verifica en el momento de vinculación existente entre estos dos niveles, y ambos en conjunto tienen como objetivo el logro del desarrollo de una Organización Territorial armónica que equilibre las disparidades socioespaciales de cada zona. contemplando sus características específicas hacia el logro de una justicia espacial basada en la calidad de vida de la población.

CONSIDERACIONES FINALES/SÍNTESIS

A lo largo de los puntos precedentes se ha trazado un amplio panorama sobre el aporte conceptual de la Geografía Aplicada como ciencia empírica, que nos lleva a estas reflexiones centrales:

- La Geografía Aplicada es el campo de estudio por excelencia que presenta a nuestra ciencia con una definición de utilidad para la búsqueda de soluciones espaciales a problemáticas sociales.
- El ámbito de aplicación central es la organización del territorio. El estudio de su situación presente y posibilidades hacia futuro a través del apoyo a procedimientos del ordenamiento territorial.
- El territorio puede ser abordado en tanto componente de un sistema complejo, y es allí donde la Geografía Aplicada tendrá su escala de trabajo, en el de la dimensión espacial. No significa desconocer la existencia de procesos sociales, económicos o psicológicos de la población, pero ellos están en otras escalas de análisis.
- Actualmente las TIG y los SIG se presentan como herramientas privilegiadas para el análisis espacial, tanto desde un punto de vista disciplinario como interdisciplinario.
- El marco conceptual de mayor correspondencia con esta línea de aplicaciones es el materialismo sistémico. La realidad existe y puede ser entendida a través de su materialidad organizada como sistema a través del método científico.
- La Geografía Aplicada actual muestra su mayor eficiencia a través del Ordenamiento Territorial. Directamente a través de la Planificación y en apoyo a la Gestión.

Transitamos actualmente una época excepcional de la Geografía Aplicada basada en el análisis espacial cuantitativo con SIG.

Es en este contexto en el que se evidencia el papel social de la ciencia, en este caso el papel de la Geografía Aplicada para la búsqueda de soluciones espaciales a problemáticas sociales.

BIBLIOGRAFÍA

- Baxendale, C. A. (2010). Geografía, Organización del territorio y Sistemas de Información Geográfica. En: Buzai, G. D (Ed.) *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Universidad Nacional de Luján. Luján. pp. 37-49.
- Bertalanffy, L.von (1968). *General System theory: Foundations, Development, Applications*. George Braziller. New York.
- Bunge, M. (2012). *A la caza de la realidad*. Gedisa. Barcelona.
- Bunge, M. (2014). *Memorias. Entre dos mundos*. EUDEBA. Buenos Aires.
- Bunge, W. (1962). *Theoretical Geography*. Lund Studies in Geography. University

of Lund. Lund.

- Buzai, G.; Ruiz, E. (2012). Geotecnósfera. Tecnologías de la información geográfica en el contexto global del sistema mundo. *Anekumene*. 4:88-106.
- Buzai, G. D. (2006). Geografía y Sistemas de Información Geográfica. En: Hiernaux, D.; Lindon, A. (eds.) *Tratado de Geografía Humana*. Anthropos. Barcelona. pp. 582-600.
- Buzai, G. D. (2014a). Desde la Geografía: ciencia y tecnología en una sociedad de la información geográfica. *GeoCritiq*. <http://www.geocritiq.com>
- Buzai, G. D. (2014b). Geografía Global + Neogeografía. Actuales espacios de integración científica y social en entornos digitales. *Estudios Socioterritoriales*. 16(2):13-24.
- Buzai, G. D. (2015). Geografía y Sistemas de Información Geográfica, 50 años. *Boletín Red GESIG*. 1:2-3. <http://www.gesig-proeg.com.ar>
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2010). Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica. Aportes de la Geografía para la elaboración del diagnóstico en el Ordenamiento Territorial. En: Bosque Sendra, J.; Pineda de Carías, M. C. (eds.) *I Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica*. UNAH-UAH. Tegucigalpa.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Tomo 1: Perspectiva científica, Temáticas de base raster. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2012). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Ordenamiento Territorial – temáticas de base vectorial*. Tomo 2. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2013). Aportes del análisis geográfico con Sistemas de Información Geográfica como herramienta teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial. *Persona y Sociedad*. XXVII(2):113-141.
- Buzai, G. D.; Cacace, G. (2012). El concepto de espacio. *Si Muove*. 5:34-38.
- De Rosnay, J. (1977). *El macroscopio. Hacia una visión global*. AC. Madrid.
- Dobson, J. E. (1983). Automated Geography. *Professional Geographer*. 35(2):135-143.
- Fuenzalida Díaz, M. (2015). Geografía y Sistemas de Información Geográfica. *Boletín Red GESIG*. 1:4-5. <http://www.gesig-proeg.com.ar>
- Fuenzalida Díaz, M. y Moreno Giménez, A. (2012). Técnicas cuantitativas y SIG para el diagnóstico territorial: Sinópsis teórica-metodológica. En: Moreno Jiménez, A.; Buzai, G. D.; Fuenzalida Díaz, M. (eds.) *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales*. Ra-Ma. Madrid. pp. 23-33.
- García, R. (1997). *La Epistemología Genética y la ciencia contemporánea*. Gedisa. Barcelona.

- García, R. (2006). *Sistemas Complejos*. Gedisa. Barcelona.
- Garrocho, C. y Buzai, G. D. (eds) (2015). *Geografía Aplicada en Iberoamérica. Avances, retos y perspectivas*. El Colegio Mexiquense. Toluca. (En prensa).
- Gómez Orea, D. (2008). *Ordenación Territorial*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Hawking, S. (1992). *Breve Historia del Tiempo*. Planeta-Agostini. Barcelona.
- Humacata, L. (2014). Aportes metodológicos del análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica a la clasificación espacial en Geografía. *Red Sociales*. 3:118-147.
- Lakatos, I. (1977). Falsación y la metodología de los programas de investigación científica. En: Lakatos, I.; Musgrave, A. (eds.) *La crítica y el desarrollo del conocimiento*. Grijalbo. Barcelona. pp. 203-344.
- Linares, S. (2014). El lugar de los Sistemas de Información Geográfica en la Geografía. *Terceras Jornadas Nacionales de Investigación y Docencia en Geografía Argentina y Novenas Jornadas de Investigación y Extensión del Centro de Investigaciones Geográficas*. Facultad de Ciencias Humanas - UNCPBA/CONICET. Tandil.
- Linares, S. (Coord.) (2016). *Soluciones espaciales a problemas sociales urbanos. Aplicaciones de Tecnologías de la Información Geográfica a la planificación y gestión municipal*. CIG/IGEHCs UNCPBA/CONICET. Tandil, Buenos Aires, Argentina.
- López Trigal, L. (Dir.) (2015). *Diccionario de Geografía Aplicada y Profesional*. Universidad de León. León. (En prensa).
- Moreno Jiménez, A. (2007). En torno a los conceptos de equidad, justicia y equidad espacial. *Huellas*. 11:133-142.
- Moreno Jiménez, A. (2013). Entendimiento y naturaleza de la científicidad geotecnológica: una aproximación desde el pragmatismo geotecnológico. *Investigaciones Geográficas*. 60:5-36.
- Moreno Jiménez, A. (2015). Geoinformación y geotecnologías digitales para la humanidad: de la evolución a la silenciosa revolución. *Boletín Red GESIG*. 1:6-7. <http://www.gesig-proeg.com.ar>
- Pacione, M. (1999). *Applied Geography: Principles and Practice*. Routledge. London.
- Philipponneau, M. (1960). *Géographie et action. Introduction a la géographie appliquée*. A.nColin. París.
- Philipponneau, M. (2001). *Geografía Aplicada*. Ariel. Barcelona.
- Piaget, J. y García, R. (1983). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. Siglo XXI. México.
- Rand, A. (2011). *Introducción a la Epistemología Objetivista*. El Grito Sagrado. Buenos Aires.
- Romero Méndez, A. (2015). Hacia una Geografía emergente con Sistemas de Información Geográfica. *Boletín Red GESIG*. 1:8-9. <http://www.gesig-proeg.com.ar>
- Ruiz Almar, E. (2010). El impacto de las tecnologías de la información geográfica en la Cartografía y la Geografía: reflexiones sobre 20 años de Sistemas

- de Información Geográfica. En: Buzai, G.D. (Ed.) *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Universidad Nacional de Luján. Luján. pp. 51-64.
- Ruiz Almar, E. (2015). Los Sistemas de Información Geográfica, la geografía aplicada y la profesionalización de la Geografía. *Boletín Red GESIG*. 1:10-11. <http://www.gesig-proeg.com.ar>
- Salado García, M. J. (2010). Ordenación del Territorio. Evolución conceptual y retos pendientes. *I Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica*. Tegucigalpa: Universidad Nacional Autónoma de Honduras.
- Soros, G. (2010). *The Soros Lectures at Central European University*. Public Affairs. New York.
- Stamp, J. D. (1960). *Applied Geography*. Penguin Books. London. (Trad.Cast. EUDEBA, 1965).
- Tapiador, F. J. (2001). El papel del geógrafo en las directrices del ordenamiento territorial. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 31:137-147.

APLICACIONES A SERVICIOS SOCIALES



ASIGNACIÓN TERRITORIAL DE RECURSOS EN POLÍTICAS SOCIALES

— Santiago Linares —

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la gestión pública, una de las tareas más significativas y determinantes consiste en la elección de una decisión entre varias posibles; esto determinará cuán idóneo resulta ser el responsable de tomar las decisiones, existiendo una alta probabilidad de fracaso al final de dicho proceso.

Con el fin de minimizar los riesgos de tales decisiones, es que surgen los Sistemas de Apoyo a las Decisiones, definidos como “un sistema computacional que auxilia a personas responsables o vinculadas a la toma de decisiones” (Silver, 1991:13). En este sentido, tales sistemas deben complementar el juicio del decisor (aquel que realmente va a tomar la decisión) y no tomar la decisión, o sea, no sustituir el papel ejercido por el ser humano en la toma de decisiones.

En las últimas décadas, y a partir de la difusión de los Sistemas de Información Geográfica, estas metodologías han comenzado a emplearse frecuentemente para la resolución de problemas socioespaciales (Barredo Cano, 1996; Bosque Sendra, 2001), dentro de los cuales la distribución y asignación espacial de beneficios en forma justa y equitativa, resulta ser uno de los temas de mayor aplicabilidad.

Este es el motivo que desencadenó la realización de la presente actividad de asesoramiento municipal, que persigue como objetivo aplicar una herramienta que supere una práctica estandarizada de distribución territorial uniforme de los recursos en políticas sociales en los distintos Servicios Territoriales de la ciudad de Olavarría, para adoptar una metodología racional de asignación, que contemple las diferencias socioeconómicas al interior de la ciudad, en base a criterios objetivos previamente definidos, permitiendo una mayor optimización y equitativa asignación de dichos recursos a las diferentes áreas urbanas.

Una de las metodologías más exitosas para el desarrollo de estos sistemas son conocidas como “Metodologías de Análisis Multiobjetivo o Multicriterio” (Cohon, 1978; Satty, 1990; Barbosa, 1997; Eppen *et al.*, 2000), que han demostrado ser muy apropiadas para resolver problemas de asignaciones y localizaciones espaciales (Barredo Cano, 1996; Fitz y Hasenack, 2007; Moreno Jiménez, Buzai y Fuenzalida Díaz, 2012).

Existen diversas alternativas de acuerdo al tipo de decisiones al aplicar estas

metodologías en el entorno de los Sistemas de Información Geográfica, y su complejidad difiere en función a la cantidad de criterios (unicriterio o multicriterio) y objetivos (uniobjetivo o multiobjetivo) inmersos en el problema en cuestión.

Por la simplicidad que conllevan las problemáticas del grupo unicriterio/uniobjetivo, resulta inapropiado su procesamiento mediante SIG; mientras que para los casos de multicriterio/uniobjetivo o multiobjetivo, éstos presentan grandes potencialidades de aplicación.

Partiendo de un escenario donde se cuenta con un conjunto de variables que determinarán la decisión final, son variadas las técnicas existentes, aunque básicamente se pueden clasificar en dos grupos según el nivel de riesgo de las decisiones y de compensación entre los factores tenidos en cuenta.

Dentro del primer grupo se encontrarían las técnicas desarrolladas por la Investigación Operativa tradicional en base a lógicas de la escuela racionalista, donde en base a un criterio básicamente economicista, se diseñan los procedimientos para la toma de decisiones, al cual se le atribuyen supuestos estáticos y generalizables que tienden a optimizar los resultados (maximizar beneficios y minimizar los costos). Bajo este paradigma, se puede nombrar el método *booleano*, donde los resultados se obtienen de ejecutar operaciones algebraicas entre categorías cuyos valores pueden ser 0 o 1, en busca de una situación “real” ideal, siendo posible encontrar una solución óptima, incuestionable para los decidores involucrados (Ensslin *et al.*, 2001:28). A este grupo se las denomina Metodologías Multicriterio para la Toma de Decisiones (MCDM- *Multicriteria Decision Making*), y reciben dos críticas, por un lado, la escasa participación de la subjetividad humana en el proceso y, por otro, la necesidad de evaluar el grado de compensación entre las variables tenidas en cuenta en la resolución del problema (Fitz y Hasenack, 2007; Buzai y Baxendale, 2006, 2011).

A partir de esta consideración, surge un abordaje diferente de desarrollos teóricos y prácticos que dan origen a las denominadas Metodologías Multicriterio en Apoyo a la Decisión (MCDA-*Multicriteria Decision Aid*). En ellas, los preconceptos que fundamentan su accionar surgen de la escuela constructivista incorporando la subjetividad de los decidores, o sea, incluyendo aspectos tales como valores, percepción, cultura e inclusive, la intuición (Ensslin *et al.*, 2001:30), que varían según la/s persona/s responsable/s de tomar las decisiones, el contexto geográfico o el período histórico.

El empleo de este tipo de metodologías basadas en un paradigma constructivista, parece conducir a resultados bastante más aproximados a la realidad, incorporando en su procedimiento analítico los aprendizajes de los actores sociales que participan en la toma de decisiones y los conocimientos adquiridos, producto del accionar cotidiano sobre el entorno que se desea actuar.

En este capítulo se presenta e interpreta el resultado de aplicar un sistema

de ayuda a la decisión para resolver un problema de asignación espacial de recursos en políticas sociales, centrado en la distribución de cupos entre los distintos centros de gestión descentralizados para la compra de materiales para la refacción de viviendas en condiciones habitacionales deficitarias. La solución indicará un orden jerárquico entre las distintas áreas de gestión descentralizadas propuestas por el Municipio de Olavarría, reflejando las diferentes deficiencias habitacionales que presenta el heterogéneo mosaico urbano de esta ciudad, según criterios específicos seleccionados (y valoración diferencial de ellos); como así también se obtendrá una asignación tentativa de los cupos disponibles de acuerdo a dicha jerarquía como base para la discusión y planificación de políticas sociales descentralizadas.

METODOLOGÍA

Como técnica de evaluación multicriterio, adecuada para implementar en la asignación de recursos en políticas sociales, se adoptó el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, del inglés Analytic Hierarchy Process), desarrollado por Thomas Saaty (1980), el cual está diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples. El AHP ofrece un amplio marco racional para estructurar un problema de decisión, para representar y cuantificar sus elementos, para relacionar esos elementos con respecto a objetivos globales, y para evaluar soluciones alternativas. Se utilizan en el mundo en una amplia variedad de situaciones de decisión, en campos tales como el gobierno, los negocios, la industria, la salud y la educación.

El proceso requiere que quien toma las decisiones, proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y que, luego, especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. El resultado del AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión.

La ventaja del AHP respecto a otras técnicas de evaluación multicriterio, consiste en que además de poder incluir datos cuantitativos relativos a las alternativas de decisión, permite incorporar aspectos cualitativos que suelen quedarse afuera del análisis debido a su complejidad para ser medidos, siendo muchas veces estos últimos, determinantes según los casos.

El proceso de jerarquía analítica se estructura en cinco pasos que pueden ser consultados en extenso en Linares *et al.* (2009), y que serían los siguientes: el primero de ellos es modelar el problema como una jerarquía, luego establecer prioridades o pesos para todos sus nodos, posteriormente, realizar el cómputo de las comparaciones pareadas, proceder a verificar la consistencia de los juicios, y finalmente, obtener alternativas de decisión. El resultado de

ejecutar este proceso es la obtención de una serie de alternativas de decisión conforme se vayan modificando las ponderaciones de cada uno de los criterios adoptados. Cada alternativa representará un *ranking* de aptitudes ordenado en forma creciente según el caso específico de aplicación.

Si bien en algunos SIG's existen procedimientos estandarizados dentro del grupo de las metodologías de evaluación multicriterio, estos tienden a adoptar técnicas en base a modelos de datos raster, donde las variables compuestas por capas (*layers*) representan los criterios necesarios para realizar el procedimiento de evaluación (como es el caso de *software* Idrisi a partir del módulo de apoyo a la decisión). Según una revisión de las capacidades funcionales de los programas SIG disponibles en la actualidad, se ha detectado que no existe una aplicación que aplique la técnica desarrollada por Saaty en base al modelo vectorial, lo cuál sería de suma importancia para adoptar esta técnica a la solución de problemas municipales, aprovechando los datos sociales, económicos y demográficos agregados en las unidades geoestadísticas definidas por el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (INDEC, 2010).

En base a esta inquietud, es que se diseñó un Sistema de Ayuda a la Decisión Espacial para la asignación de recursos en políticas sociales¹ denominado SAAR, que permite, en principio, construir un ranking de unidades espaciales empleando como procedimiento metodológico el AHP y utilizando criterios y ponderaciones de evaluación variable según el problema específico de asignación, y luego, en función a esta puntuación, distribuir proporcionalmente¹ una cantidad de recursos materiales para cada unidad espacial en las cuales se divide el área urbana bajo análisis.

En principio, tal como lo requiere el procedimiento propuesto, se debe disponer de una matriz de datos (tabla de atributos) provista desde algún SIG, asociada a una capa vectorial que represente las distintas zonas en las cuales se divide administrativamente el espacio urbano. Esta matriz de evaluación se caracteriza por una tabla de doble entrada, en la cual las filas representarán necesariamente las unidades espaciales, es decir las alternativas disponibles de solución, mientras que las columnas almacenarán cada uno de los criterios que se consideren relevantes para valorar las alternativas como soluciones al problema. De esta manera las soluciones indicarán, indefectiblemente, localizaciones que representen la situación relativa de cada unidad espacial respecto al resto.

¹ El sistema fue diseñado de manera que sea fácilmente comprensible y utilizable por cualquier persona (o grupos de personas) no expertos en ordenadores, en SIG, ni en informática, sino buenos conocedores del problema de asignación que se esté tratando. Esta aplicación experimental puede descargarse gratuitamente desde la página web del Centro de Investigaciones Geográficas (FCH- UNCPBA), usando el siguiente link: Descargar. Para poder ejecutar la aplicación, se debe tener instalada previamente la máquina virtual de Java. La última versión de esta puede ser descargada libremente de <http://www.java.com/es/download/>.

Esta matriz requiere poseer una extensión “dbf” (en inglés Data Base File) para ejecutar el procedimiento de evaluación multicriterio, el cual es uno de los componentes básicos del formato de archivos Shapefile, desarrollado originalmente por la empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute), aunque en la actualidad es considerado como el formato vectorial estándar para el intercambio de información geográfica entre diferentes programas SIG. Este archivo “dbf” es justamente el que almacena la información de los atributos de las distintas áreas urbanas y será modificado cada vez que se ejecute el Sistema de Ayuda a la Asignación de Recursos propuesto.

Así, la información almacenada en la tabla creada mediante SIG, se recupera desde la aplicación SAAR mediante el menú Archivo/Abrir como se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Ingreso de datos al SAAR



Fuente: elaboración personal

Una vez seleccionada la matriz, el programa permite seleccionar dos criterios como mínimo y siete como máximo (pudiendo repetir un mismo criterio si se desea). Cada criterio puede seleccionarse y/o modificarse mediante el uso de una lista desplegable, y una vez finalizada la elección, se deberá escoger del menú Edición/Ponderación, la modalidad “individual” o “entre pares”, según los niveles de complejidad con los cuales evaluar la relación entre ellos.

Si se selecciona la modalidad de ponderación individual (Figura 2), el peso asignado por el usuario debe estar focalizado sobre el criterio seleccionado, y no en la relación de éste respecto al resto (este último requisito del procedimiento será completado por el programa). De esta manera se confeccionó en base a Saaty (2006) la siguiente escala de ponderación: 1= es lo mismo, 3= un poco más importante, 5= mucho más importante, 7= fuertemente más importante y 9= absolutamente más importante.

La segunda modalidad de ponderación, entre pares, gana en flexibilidad respecto a las relaciones entre los criterios, aunque también aumenta la complejidad de su implementación. Ahora, además de asignar los pesos a cada criterio particular, es posible también asignar ponderaciones entre pares recíprocos. Esto define una escala de ponderación más compleja, anexando a las puntuaciones anteriormente mencionadas las siguientes: 1/9= absolutamente menos importante, 1/7= fuertemente menos importante, 1/5= mucho menos importante, 1/3= un poco menos importante.

En el ejemplo de aplicación en desarrollo, se emplea la ponderación individual, orientada a la asignación de cupos por cada servicio territorial para la compra de materiales de construcción. A tal fin se han seleccionado los siguientes criterios a tener en cuenta, que indican diferentes dimensiones de precariedad habitacional:

- No tiene baño o letrina: se refiere a la no disponibilidad de un espacio cerrado por paredes que se elevan del suelo hasta el techo, o por tabiques (pared que se eleva desde el suelo hasta una altura de dos metros), utilizado por el hogar para la evacuación de excretas. El baño/letrina puede estar dentro o fuera de la vivienda y ser de uso exclusivo del hogar o compartido con otros hogares (INDEC, 2010).
- Hacinamiento crítico: hacinamiento representa el cociente entre la cantidad total de personas del hogar y la cantidad total de habitaciones o piezas de que dispone el mismo (sin contar baño/s y cocina/s), por crítico se entiende a la categoría de más de 3 personas por cuarto. (INDEC, 2010).
- CALMAT III: la vivienda presenta materiales poco resistentes y sólidos en techo y en pisos (INDEC, 2010).
- CALMAT IV: la vivienda presenta materiales de baja calidad en pisos y techos. (INDEC, 2010).

En la medida que el valor de estas variables en cada unidad espacial considerada aumente, la situación de precariedad habitacional sería más elevada, requiriendo una mayor proporción de los cupos a ser asignados.

Siguiendo las etapas del proceso de jerarquía analítica, los criterios deben ser ponderados, por lo cual se les ha asignado pesos individualmente de la siguiente manera: No tiene baño o letrina=9, Hacinamiento crítico=7, CALMAT III=5 y CALMAT IV=9 (Figura 2). Al asignar dichos pesos, el sistema por defecto asumirá que “No tiene baño o letrina” es igual de importante que el criterio “CALMAT IV”, casi dos veces más importante que “Hacinamiento crítico”, y casi cuatro veces más importante que “CALMAT III”; de la misma manera se podría analizar el comportamiento que el resto de las variables tendrán entre sí al ejecutar el procedimiento propuesto.

Figura 2. Ponderación individual

El formulario muestra cuatro criterios de ponderación, cada uno con un menú desplegable superior y un campo de entrada numérica inferior:

Criterio	Valor asignado
No	9
Más_de_3_	7
Calidad_3	5
Calidad_4	9

Fuente: elaboración personal

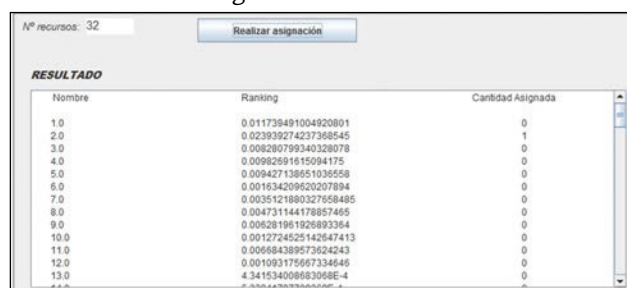
Una vez realizadas las ponderaciones de los criterios sólo resta completar el campo destinado para que el usuario ingrese el número o volumen de recursos

que desea asignar entre las unidades espaciales consideradas, que en nuestro ejemplo en desarrollo se refiere a una partida para la compra de materiales de construcción subdividida en 32 cupos. Luego, al ejecutar la opción “Realizar Asignación”, el sistema evaluará las alternativas en base al proceso de jerarquía analítica, y construirá un ranking de unidades espaciales (por ejemplo zonas, definidas a partir de la influencia de servicios territoriales), a partir del cual será distribuido el presupuesto o cupos según el caso².

PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

El resultado de aplicar el procedimiento descrito se muestra en la Figura 3, en ella figuran todas las unidades espaciales ordenadas según identificador espacial, los coeficientes obtenidos de la evaluación multicriterio para cada una de ellas y en base a estos coeficientes, la cantidad de recursos (dinero expresado en \$ o cupos) asignados. Esto permite solucionar problemas tanto de la falta incorporación de las diferencias socioespaciales al momento de la toma de decisiones de asignación territorial de recursos en políticas públicas, como así también el de transparentar los criterios para la toma de decisión de los funcionarios, al asignar diferencialmente recursos entre las unidades de gestión descentralizadas, empleando criterios objetivos ponderados cualitativamente, en base a procedimiento racional, fundamentado y consolidado.

Figura 3. Resultados



Nombre	Ranking	Cantidad Asignada
1.0	0.011739491004920801	0
2.0	0.023939274237368545	1
3.0	0.008280799340328078	0
4.0	0.00982591815094175	0
5.0	0.00942713851036558	0
6.0	0.001634209620207894	0
7.0	0.0035121880327658485	0
8.0	0.004731144178857465	0
9.0	0.006281961926893364	0
10.0	0.0012724525142647413	0
11.0	0.006684389573624243	0
12.0	0.001093175667334646	0
13.0	4.341534008683008E-4	0

Fuente: elaboración personal

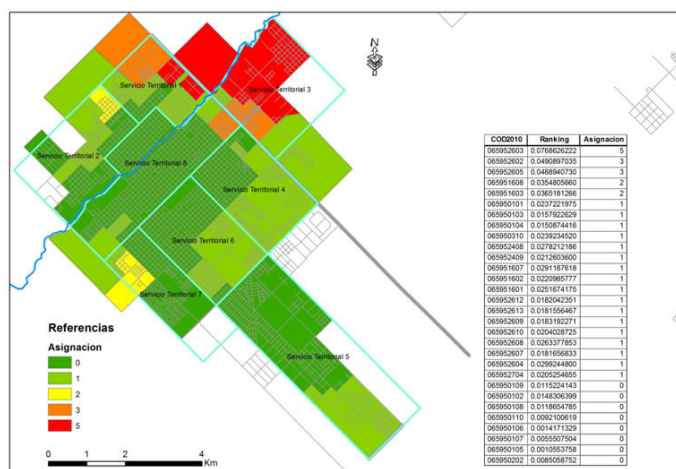
Además de visualizar los resultados, el sistema muestra cuál es la consistencia de las ponderaciones asignadas a los criterios; pudiendo aparecer dos resultados: “Consistencia: aceptable” y “Consistencia: inaceptable”. Si el

² El método adoptado para realizar la asignación proporcional al puntaje obtenido es el sistema D'Hondt. Este método forma parte de los procedimientos llamados “del divisor” y, aunque es frecuentemente empleado para repartir bancas durante un proceso electoral, posee una gran aplicabilidad al problema en cuestión.

mensaje que muestra el sistema es el segundo de los mencionados, el cálculo se realizará de todas maneras, pero se recomienda chequear la consistencia de los pesos de los criterios. Por ejemplo, si el criterio “i” tiene un peso superior al “j” y éste a su vez tiene un peso superior al “k”, el “i” deberá ser más pesado que el “k”.

Una vez realizada la asignación y corroborada su consistencia, se podrán guardar los resultados mediante el menú Archivo/Guardar, permitiendo al usuario optar entre crear un nuevo archivo “dbf”, o bien reemplazar lo ingresado para realizar los cálculos. En este último caso, al desplegar la tabla de atributos en un SIG, podrán observarse dos nuevos campos en el archivo original denominados “Ranking” y “Asignación”, que almacenan los resultados obtenidos de la aplicación. En la Figura 4 se presenta esta tabla de atributos ordenada en base al campo asignación.

Figura 4. Asignación de partida presupuestaria para refacción de viviendas precarias, según servicios territoriales de la ciudad de Olavarría



Fuente: elaboración personal

La representación cartográfica en la Figura 4 muestra cómo, a nivel general, las zonas que presentan mayores necesidades de recursos económicos para refaccionar viviendas en condiciones precarias, se encuentran en el arco noreste-norte de la ciudad, mientras que el centro y sur de la misma, refleja una disminución en los valores de asignación debido a una mejor situación socio-habitacional. Se destacan los valores de los servicios territoriales 3 y 1, demandando el 28% y 16% respectivamente del total de los cupos a asignar en la ciudad. El procedimiento permitió claramente discriminar la asignación

del recurso teniendo en cuenta las desigualdades socio-habitacionales al interior de la ciudad, superando el método de distribución homogénea empleado tradicionalmente, y seguir principios de asignación equitativa que contribuyan a revertir el proceso de segregación socioespacial.

Un análisis en términos más amplios de los resultados de la implementación de esta aplicación mediante Sistemas de Información Geográfica, permite también vislumbrar que sería una excelente herramienta para la planificación (que antecede a la gestión) en políticas sociales, ya que permitiría identificar barrios sobre los cuales intervenir con proyectos y programas específicos, al contar con una medida sintética (ranking) que indicaría la prioridad de atención de acuerdo a las diferentes dimensiones de la exclusión social que se analice.

CONCLUSIONES Y REPLICABILIDAD

En primera instancia podemos concluir que la implementación de la metodología de evaluación multicriterio seleccionada (AHP), permitió responder a las demandas planteadas por parte de los responsables de tomar decisiones en políticas sociales, como la flexibilidad en cuanto a los criterios adoptados, variabilidad de la ponderación según el recurso a asignar y agilidad operativa mediante un sistema sencillo y amigable.

También pudo constatarse que los resultados (soluciones) que se obtienen de aplicar el sistema desarrollado en base a las técnicas seleccionadas, demuestran ser coherentes respecto a la opinión especializada de los profesionales en la temática y las correlaciones detectadas con las diferenciaciones y particularidades socioespaciales que caracterizan a la ciudad de Tandil, es decir, aquellos barrios que presentan situaciones extremas de exclusión reciben mediante esta aplicación un número considerablemente mayor de recursos que aquellos barrios que se encuentran en mejores situaciones relativas.

Es posible considerar otras aplicaciones de asignación de recursos empleando esta herramienta en áreas urbanas como podría ser: distribución de programas alimentarios; asignación de becas para estudio en nivel medio y/o superior; educación; inversión en infraestructura urbana tales como pavimentos, iluminación, desagües cloacales y también para la localización de equipamientos colectivos tales como dispensarios y polideportivos, entre otros.

Más allá de la especificidad urbana que persigue esta aplicación, no quisiéramos restringir el uso de este sistema a una escala urbana, ya que podría adoptarse sin mayores problemas a otras escalas de análisis, tales como la provincial o municipal, o bien sobre la diversidad de regionalizaciones propuestas por la administración pública nacional.

Finalmente, creemos que la compatibilidad de este Sistema de Ayuda a la

Decisión con Sistemas de Información Geográfica de amplia divulgación, propiciará una rápida difusión y uso generalizado, permitiendo retroalimentar el trabajo desarrollado en esta ocasión e incorporando nuevas funciones alternativas al diseño original.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Gustavo Illescas y al Ing. Daniel Xodo, profesores de la cátedra Investigación Operativa de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNCPBA, por la tutoría y aportes durante el desarrollo del Sistema de Ayuda a la Asignación de Recursos. A los Ingenieros en Sistemas Martín Meliendrez y Sebastián Milía por las tareas de programación de la aplicación y lectura analítica del método AHP.

A la Licenciada Patricia Seijo (Responsable de la Unidad Coordinadora de Indicadores Locales del Municipio de Olavarría) y a las Licenciadas Ivana Pezet y Marcela Bourdieu del área de Desarrollo Social, por el tiempo, predisposición y el suministro de la información necesaria para el desarrollo de esta experiencia entre la UNCPBA y el Municipio de Olavarría.

BIBLIOGRAFÍA

- Barbosa, P. S. F. (1997). O emprego da análise multiobjetivo no gerenciamento dos recursos hídricos. *Água em revista*, CPRM, Brasil, V(8):42-46.
- Barredo Cano, J. I. (1996). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio*. RA-MA Editorial, Madrid.
- Bosque Sendra, J. (2001). Planificación y Gestión de Territorio. De los SIG a los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE). *El campo de las ciencias y las Artes*. Madrid, España, 138:137-174.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2006). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Lugar editorial, Buenos Aires.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Tomo 1: Perspectiva científica / Temáticas de base raster. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- Cohon, J. L. (1991). *Multiobjective programming and planning*. Academic Press, New York.
- Ensslin, L.; Montibeller Neto, G. y Noronha, S. M. D. (2001). *Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas*. Insular, Florianopolis.
- Eppen, G. D.; Gould, F. J.; Schmidt, C. P.; Moore, J. H. y Weatherford, L. R. (2000). *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. 5ta Edición. Prentice-Hall, México.
- Fitz, R. P. y Hasenack, H. (2007). O processo de tomada de decisão e os siste-

- mas informacao geográfica. En: BUZAI, G. (comp.) 2007. *Memorias XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Luján, Argentina, pp. 77-94.
- Hurtado, T. y Bruno, G. (2005). *El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores*. Tesis de Licenciado en Investigación Operativa. Facultad de Ciencias Matemáticas. UNMSM. Lima, Perú. 100 p. http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf
- INDEC. (2001, 2010). *Censo Nacional de Hogares, Población y Vivienda*. Buenos Aires. Argentina.
- Linares, S.; Meliendrez, M.; Milía, S.; Rosso, I. (2009). Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE) en políticas sociales. Una propuesta orientada a la asignación de recursos. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*. (GESIG-UNLU, Luján), 1(1):62-80 Sección I. ISSN 1852-8031. <http://www.gesig-proeg.com.ar/geosig-1-2009.htm>
- Moreno Jiménez, A., Buzai, G. y Fuenzalida Díaz, M. (2012). *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales*. Ra-Ma editorial. Madrid.
- Saaty, T. (1980). *Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York.
- Saaty, T. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1):9-26.
- Saaty, T. (2006). The analytic network process. En: Saaty, T. y Vargas, L. 2006. *Decision Making with the Analytic Network Process. Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. Springer. Estados Unidos. pp. 1-26
- Silver, M. S. (1991). *Systems that Support Decision Makers-Description and analysis*. John Wiley, Chichester.

DETERMINACIÓN DE RECORRIDOS ÓPTIMOS EN SERVICIOS SOCIALES DE TRANSPORTE

— Santiago Linares y Mauro Ortmann —

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se perfilan como una herramienta de avanzada en la tarea de la planificación y gestión urbana. Entre sus posibilidades, nos ofrecen la capacidad del modelado espacial de las redes de transporte, las cuales constituyen una de las principales áreas de aplicación orientadas a diagnosticar la conectividad entre los diferentes puntos de la ciudad, las áreas de cobertura de servicios, los costos de desplazamiento y la accesibilidad a determinados puntos de importancia, como centros de oferta de empleo, educación, recreación, etcétera.

En el campo de la planificación y gestión territorial, las aplicaciones de SIG a la logística y el transporte se pueden clasificar en tres grupos: el operacional, el táctico y el estratégico (Longley et al. 2013:65). En el modo operacional, los usos comunes que se destacan son para monitorear el movimiento de vehículos de transporte colectivo, a fin de mejorar la performance y ofrecer mejor información a los usuarios del sistema y, para definición diaria de rutas y horarios de vehículos de distribución y servicio, aumentando la eficiencia y reduciendo los costos.

Dentro de la categoría de los usos tácticos, los SIG se emplean para proyectar y evaluar rutas y horarios del sistema de transporte público de pasajeros, transporte escolar, recolección de residuos y distribución de correspondencia. También para monitorear e inventariar la condición del pavimento en rutas y calles, vías de ferrocarril, señalización de tráfico y para analizar accidentes de tránsito.

Para fines estratégicos se incluirían las aplicaciones focalizadas en la planificación y localización de nuevas rutas y oleoductos e infraestructura asociada; como también para seleccionar lugares de acopio y almacenamiento, puntos de transferencia intermodal y polos aéreos.

La presente aplicación se encuadra dentro del grupo de los usos tácticos, como una demanda del gobierno municipal de optimizar el recorrido de una flota de colectivos destinada a recoger a los niños inscriptos en la colonia de vacaciones de la ciudad de Tandil durante los meses de enero y febrero, actividad que es regularmente planificada por la Dirección de Deportes del Municipio de Tandil y que incluye a unos 900 niños de la ciudad.

Lo que se debe resolver entonces se enmarca dentro del grupo de Problemas

de Enrutamiento de Vehículos (o *VRP* por sus siglas en inglés), los cuales requieren la generación de rutas óptimas para una flota de vehículos que sirven a un propósito que involucra la recogida y despacho tanto de personas, bienes o servicios desde múltiples puntos, con el fin de cubrir las demandas que el servicio requiera. Este tipo de problema se basa en una optimización combinatoria integral de factores para minimizar el coste total de operación, minimizar el tiempo total de transporte, minimizar la distancia total recorrida, minimizar el tiempo de espera, maximizar el servicio al cliente, minimizar la utilización de vehículos, equilibrar la utilización de los recursos, etcétera.

Para ejecutar las herramientas de asignación de rutas para una flota de vehículos, en primer lugar, se deben definir las órdenes, aquellos sitios que deben visitar las rutas. Estas órdenes pueden representar tanto una entrega o una recogida de personas, bienes o servicios, o algún tipo de servicio o inspección que requiera la visita de múltiples puntos de ejecución para múltiples servicios. En segundo lugar, se deben definir los depósitos, es decir, ubicaciones desde donde parten los vehículos y arriban luego de la jornada laboral, los cuales no necesariamente deben coincidir.

METODOLOGÍA

Para obtener una solución al problema planteado, se ha implementado el módulo de análisis de redes de ArcGIS 10, el cual dispone, entre otros procedimientos metodológicos (área de servicios, localización de equipamiento más cercano, matriz de origen destino), el de determinación de rutas óptimas entre dos puntos o varios puntos de oferta y demanda.

La primera etapa de este análisis requirió de la modelización del espacio geográfico a través de su organización en redes, conectando población demandante y sistemas de transporte, y otorgándole capacidad de flujo. Estas redes van a signar la manera en que se vincula la sociedad con los diferentes puntos de destino al actuar como nexos de la actividad humana. En la presente aplicación se realizó la digitalización de una capa que contenía segmentos a modo de representación de los ejes viales de la ciudad de Tandil, a la cual, en su tabla, le fue adjuntada información relativa a los atributos del nombre de la vía, paridad según el sentido de digitalización, largo del segmento en metros, el tipo de vía y el sentido de avance (Figura 1).

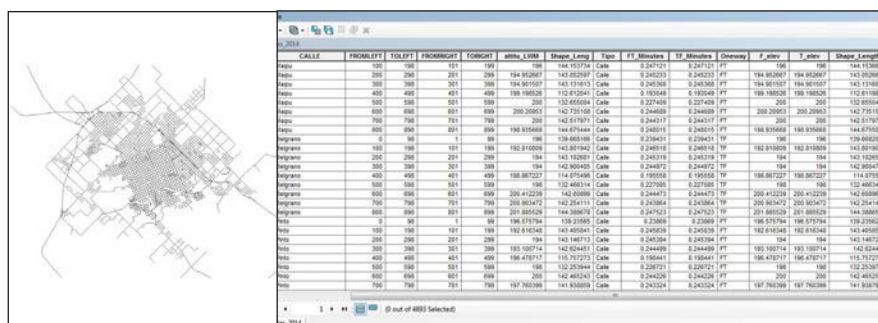
Posteriormente, para resolver este problema de enrutamiento de vehículos, identificamos como órdenes a los inscriptos a la colonia de vacaciones, y como depósitos a los diferentes puntos de la ciudad desde donde parten los vehículos. Por último, fue necesario definir las propiedades de las rutas utilizadas como insumos para la resolución del problema.

En esta aplicación, se tomó la decisión de agrupar las órdenes (inscriptos)

Determinación de recorridos óptimos en servicios sociales de transporte

en un conjunto de paradas donde cada uno de los vehículos recogerá a los inscriptos (Mapa 1). Para tal fin se utilizó un método de localización asignación¹ entre los inscriptos y los nodos de la red de calles, de tal manera que cada parada reuniera inscriptos que no tuvieran que recorrer más de 500 metros hasta cada punto de reunión.

Figura 1. Edición y configuración de la red de transporte



La Tabla 1 muestra el resultado de ejecutar dicho procedimiento de optimización, obteniendo un total de 87 paradas, pudiendo conocer la cantidad de alumnos asignados a cada una de las paradas, las cuales actúan como centros de captación del servicio. Dicha cantidad será cargada como un atributo de demanda para el parámetro de tamaño de recogida, de la misma manera que se asignará un tiempo que especifique cuánto tiempo demorará la visita a esa parada, para luego sumarla al tiempo de recorrido de la ruta.

Tabla 1. Inscriptos y paradas propuestas

Name	FacilityTy	Weight	Capacity	DemandCoun	DemandWeig	SourceID	SourceOld	PosAlong	SideOfEdge	CurbApprox	Status	Total_Leng	TotalWeigh
Location 96	3	1	60	57	57	1	3093	1	2	0	0	11242.954258	11242.954258
Location 105	3	1	60	4	4	1	3062	1	2	0	0	1000.632718	1000.632718
Location 156	3	1	60	11	11	1	2968	0	2	0	0	1998.448832	1998.448832
Location 177	3	1	60	2	2	1	2891	1	2	0	0	101.11463	101.11463
Location 209	3	1	60	26	26	1	2964	0	2	0	0	4429.267669	4429.267669
Location 224	3	1	60	5	5	1	3422	0	2	0	0	807.752523	807.752523
Location 271	3	1	60	6	6	1	2949	1	2	0	0	1022.397202	1022.397202
Location 305	3	1	60	2	2	1	1153	1	2	0	0	290.255211	290.255211
Location 311	3	1	60	11	11	1	3324	1	2	0	0	2040.267588	2040.267588
Location 320	3	1	60	8	8	1	3262	0	2	0	0	1634.630465	1634.630465
Location 347	3	1	60	15	15	1	2312	0	2	0	0	2868.644296	2868.644296
Location 369	3	1	60	13	13	1	2361	0	2	0	0	3282.373484	3282.373484
Location 437	3	1	60	2	2	1	1153	0	2	0	0	36.367744	36.367744
Location 439	3	1	60	20	20	1	2352	0	2	0	0	5587.39023	5587.39023
Location 441	3	1	60	10	10	1	2386	1	2	0	0	1068.14049	1068.14049
Location 481	3	1	60	14	14	1	2503	0	2	0	0	3388.152054	3388.152054
Location 501	3	1	60	15	15	1	2464	0	2	0	0	3368.722046	3368.722046
Location 504	3	1	60	15	15	1	2542	0	2	0	0	3195.958917	3195.958917
Location 580	3	1	60	11	11	1	2200	1	2	0	0	1487.633126	1487.633126
Location 609	3	1	60	19	19	1	2187	0	2	0	0	3395.566633	3395.566633
Location 624	3	1	60	11	11	1	1149	1	2	0	0	1494.132066	1494.132066
Location 628	3	1	60	10	10	1	2565	1	2	0	0	1657.301025	1657.301025
Location 670	3	1	60	8	8	1	2774	0	2	0	0	1768.60706	1768.60706
Location 688	3	1	60	8	8	1	2172	0	2	0	0	1769.805011	1769.805011
Location 704	3	1	60	2	2	1	4418	1	2	0	0	58.298367	58.298367

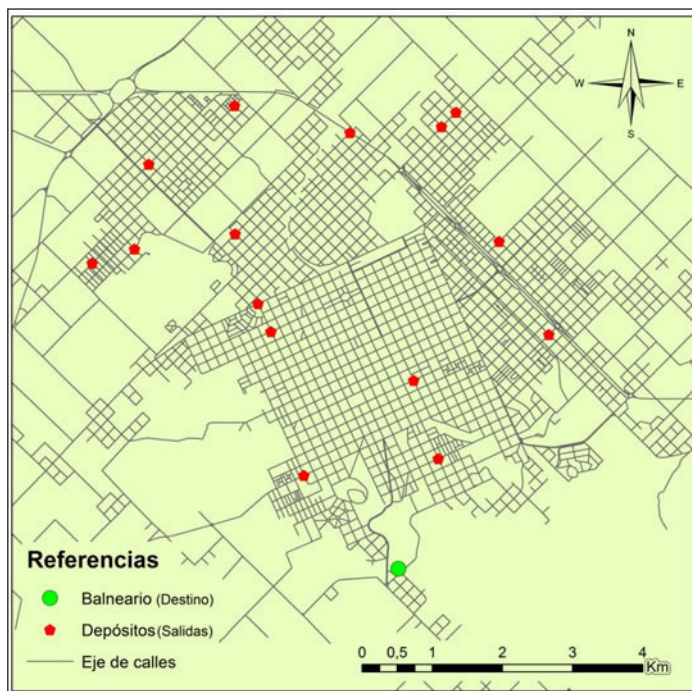
Fuente: elaboración personal

Los depósitos requeridos para este procedimiento estarán determinados por 15 puntos de salida de los vehículos disponibles, y por el espacio físico donde funciona la colonia de vacaciones como destino (Mapa 2).

Definidos los elementos que se incluirán en este problema de recorrido óptimo, es necesario ajustar una serie de parámetros para la obtención de rutas. En primer lugar, es necesario indicar que se desea crear una ruta por cada vehículo de la flota que participa en el problema, configurar los parámetros de nombres de rutas, lugares de partida de los vehículos, depósito de llegada (colonia de vacaciones como fin de la ruta) y capacidad de los vehículos (60 alumnos).

Finalmente, las propiedades del análisis tomarán minutos como atributo de tiempo, metros como unidades de distancia, y no estarán permitidos los giros en U, siendo el sentido de circulación determinante para el desplazamiento de los vehículos. La resolución del problema se obtiene una vez que las sumatorias de la distancia y el tiempo de los 15 recorridos alcanzan el menor valor posible.

Mapa 2. Puntos de origen y destino



Fuente: elaboración personal

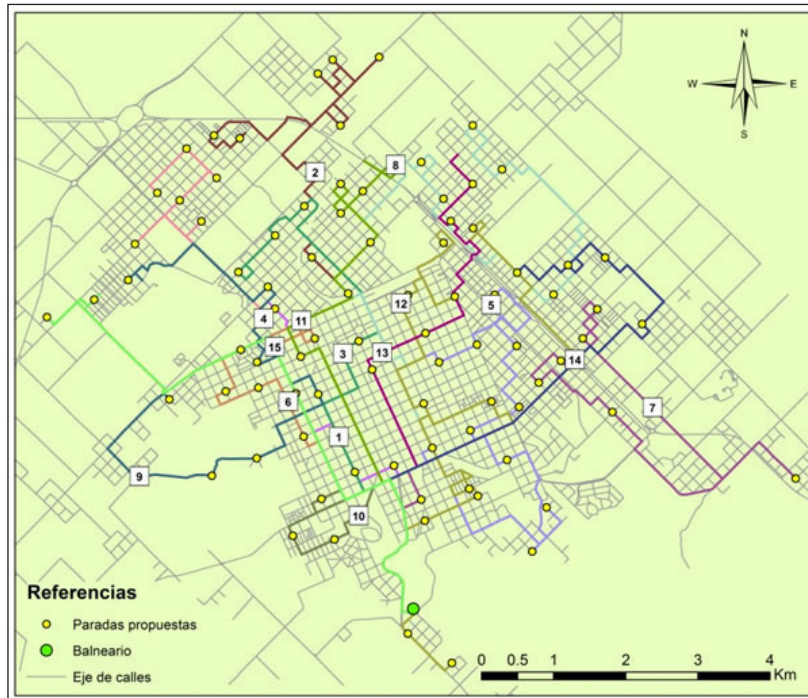
RESULTADOS

Como resultado de la ejecución del análisis, se obtiene el trazado de cada una de las rutas y la asignación de las 87 paradas a cada una de ellas. El analista busca el recorrido óptimo de cada vehículo desde cada salida hasta la colonia de vacaciones a través de la red de ejes de la ciudad, teniendo en cuenta cada uno de los parámetros cargados previamente. Las rutas generadas determinarán la secuencia en que serán visitadas cada una de las paradas, por cuál vehículo y el tiempo y la distancia aproximada de recorrido (Mapa 3). Del mismo modo, puede apreciarse como resultado del análisis, un listado de información relativa a la asignación de inscriptos para cada vehículo en el tiempo que debería pasar por cada localización, siendo operativo tanto para los beneficiarios del sistema de transporte, como para los responsables de la organización y los choferes, con el fin de obtener conocimiento acerca de cuántos inscriptos tiene que recoger y dónde.

Adicionalmente, una vez determinada la secuencia de visita para cada una de las paradas (órdenes), es posible generar las indicaciones de ruta (Figura 2),

para luego ser distribuidas entre los choferes de los vehículos. En las mismas figura el nombre de la ruta correspondiente, la localización de los puntos de partida y destino de la misma, el recorrido sugerido guiado a través de una secuencia de instrucciones que incluye los giros y el nombre de las calles, la distancia en metros por cada segmento de las indicaciones, el tiempo estimado de recorrido de esos segmentos y finalmente la posibilidad de visualizar con mayor detalle en un mapa cada una de las indicaciones.

Mapa 3. Recorridos obtenidos y paradas asignadas



Fuente: elaboración personal

Figura 2. Indicaciones de rutas obtenidas según vehículo



Step	Instruction	Distance	Time	Map
[-] Route: Ruta01		7776 m	12 min	Map
1:	Start at A			Map
	Time Window: 8:00 - 12:00			
2:	Go northeast on Del Valle toward Alberdi	278.2 m	< 1 min	Map
3:	Turn left	60.8 m	< 1 min	Map
4:	Turn right on Defensa	43.8 m	< 1 min	Map
5:	Turn left on Almaguete	252.9 m	< 1 min	Map
6:	Arrive at Location 501			Map
	Time Window: 8:00 - 12:00			
7:	Depart Location 501			
8:	Continue northwest on Almaguete	144.5 m	< 1 min	Map
9:	Turn left on Chienno	142.3 m	< 1 min	Map
10:	Turn left on Lunghi	136.5 m	< 1 min	Map
11:	Turn right on Pizzurno	287.7 m	< 1 min	Map
12:	Turn left on F. Riato	145.4 m	< 1 min	Map
13:	Turn right on Pratt	78.8 m	< 1 min	Map
14:	Bear left on Juramento	140.4 m	< 1 min	Map
15:	Turn right on Cheverrier	204.5 m	< 1 min	Map
16:	Arrive at Location 439			Map
	Time Window: 8:00 - 12:00			
17:	Depart Location 439			
18:	Go on Ituzaingo			Map
19:	Turn left on Ituzaingo and immediately turn left on Gaucho Rivero	334.4 m	< 1 min	Map
20:	Turn right on Peron	578.8 m	< 1 min	Map
21:	Arrive at Location 580			Map
	Time Window: 8:00 - 12:00			
22:	Depart Location 580			
23:	Continue southeast on Peron	289.1 m	< 1 min	Map
24:	Continue on Rivadavia	300.1 m	< 1 min	Map
25:	Turn left on Sarmiento	281.2 m	< 1 min	Map
26:	Turn right on San Lorenzo	746.1 m	1 min	Map
27:	Arrive at Location 909			Map
	Time Window: 8:00 - 12:00			
28:	Depart Location 909			

Fuente: elaboración personal

REPLICABILIDAD

Es posible replicar esta solución a otros problemas de logística y transporte que surjan dentro de las actividades cotidianas que caracterizan al área de Desarrollo Social de las municipalidades mediante el encadenamiento secuencial de las etapas presentadas. Dentro de las potenciales aplicaciones podrían citarse: la optimización de los recorridos para transportar a los alumnos que residen en áreas rurales hasta sus correspondientes establecimientos educativos de concentración rural, la diagramación de los recorridos de transportes públicos asignados a trasladar población de los diferentes barrios de la ciudad hacia un punto donde se realiza algún evento festivo o conmemorativo comunitario o, la definición de los recorridos a adoptar por los vehículos que distribuyen recursos compensatorios en políticas sociales entre los diferentes beneficiarios de la ciudad, tales como, materiales de construcción, kit escolares, programas alimentarios, entre otros.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores de educación física Miguel De Lucía y Alberto Ferragine, integrantes de la Dirección de Deportes del Municipio de Tandil, quienes han suministrado los datos y hemos desarrollado conjuntamente el trabajo presentado.

BIBLIOGRAFÍA

- Cardozo, O.D., Bonfati, F. A. y Parras, A. M. (2006). Los Sistemas de Información Geográfica y la Planificación del Transporte Público. Aplicaciones en la ciudad de Resistencia (Chaco-Argentina). *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2006*. Universidad Nacional del Nordeste, <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/01-Sociales/2006-S-050.pdf>
- Dantzig, G. y Ramser, J. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*. 6(1):80-91.
- Laporte, G. (1992). The Vehicle Routing Problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, Países Bajos, 59:345-358.
- Longley, P. A.; Goodchild, M. F.; Maguire, D. J. y Rhind D. W. (2013). *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica*. Bookman, Porto Alegre, Brasil. (Tercera edición).
- Toth, P. y Vigo, D. (2002). Models, relaxations and exact approaches for the capacitated vehicle routing problem. *Discrete Applied Mathematics*. Universidad de Bologna, Italia, 123:487-512.

APLICACIONES A LA SALUD



DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA MORBILIDAD SEGÚN CAUSAS

— Adela Tisnés —

INTRODUCCIÓN

Es ya sabido que el lugar de residencia afecta a las oportunidades y logros de las personas (Fuenzalida y Moreno, 2010) y viceversa (los logros y oportunidades de las personas, inciden en el lugar en que viven).

El mapeo de eventos de salud (distribución de puntos en el espacio en este caso), consigue incorporar información de diversa índole, capaz de contextualizar situaciones sanitarias existentes y prevenir y actuar sobre información actualizada diariamente. La incorporación de la perspectiva espacial, además, permite conocer perfiles de los pacientes, y las patologías y padecimientos en relación con el lugar de residencia. En general, los procesos de salud-enfermedad no son resultado de factores de riesgo individuales y condiciones biológicas o genéticas, sino que existe una interacción continua entre éstos y los determinantes sociales y ambientales de la salud y el bienestar de la población.

La estructura espacial de un evento de salud puede ser representada de manera cartográfica en una región geográfica determinada. En general, y dependiendo del área de estudio, esos elementos pueden describirse por sus coordenadas espaciales (x,y), lo cual genera un conjunto de puntos que recibe el nombre de patrón espacial de puntos (Diggle, 2003). La importancia del análisis de distribución de puntos tiene varios aspectos. En primer lugar, es útil para detectar patrones espaciales de comportamiento. Además, es importante para inferir la existencia de interacciones en comunidades y poblaciones. El estudio e interpretación de patrones espaciales y su variación en el espacio y el tiempo, puede explicar mecanismos subyacentes, que se conjugan de manera particular para dar forma a la distribución, estructura y funcionamiento de las poblaciones.

El uso de mapas con apoyo de Sistemas de Información Geográfica en estudios epidemiológicos, ha tomando una gran relevancia por la rápida integración de la información en las dimensiones geográficas en relación con subgrupos específicos demográficos y el tipo de padecimientos. Los Sistemas de Información Geográfica, se insertan como una herramienta importante y decisiva al momento de actuar, dada la necesidad de información de los gestores de gobierno, tomadores de decisiones y quienes definen políticas públicas sanitarias.

La utilización de las historias clínicas de cada paciente como fuente primaria

de datos, permite conocer los perfiles médicos (causas de enfermedad, edad, sexo) de la población que se atiende en los Centros de Salud Pública. La incorporación del domicilio de los pacientes dentro de un Sistema de Información Geográfica, permite agregar información contextual referida al lugar en el que las personas viven, a partir de los cuales pueden definirse y detectarse determinantes ambientales y socioeconómicos que favorecen la prevalencia de ciertas enfermedades sobre la población.

Los resultados y procedimientos que se presentan en este capítulo, intentan responder algunas demandas surgidas a partir del trabajo conjunto realizado con el Hospital de Niños Dr. Debilio Blanco Villegas (HDBV)¹ de la ciudad de Tandil.

Dado que las enfermedades infecciosas del Sistema Respiratorio presentan como problemática la desigual distribución espacial de morbilidad en la población, el objetivo de esta investigación es, inicialmente confirmar la existencia de una distribución no homogénea. Luego, dar a conocer el estado de situación sanitaria en relación a las enfermedades seleccionadas, analizando los factores de riesgo asociados que favorecen esa desigual distribución. A partir de esto, se generará información que permita orientar recursos y planificar las políticas de prevención a los gestores de salud. En general, las infecciones respiratorias se presentan en los niños y menores de 18 años de manera aguda. Debido a esto, originan una atención en los Servicios de Urgencia. Estas enfermedades se registran de manera constante durante todo el año, sin embargo su incidencia aumenta fuertemente en las épocas de temperaturas frías, puntualmente en otoño e invierno.

Para este trabajo, se seleccionaron las enfermedades infecciosas de las vías respiratorias, que representan la tercera causa de mortalidad en Argentina (DEIS, 2012). En la edad infantil, son una de las causas más frecuentes de patología infecciosa aguda y junto con el síndrome febril, los motivos más habituales de consulta.

Metodológicamente se propone aportar en el proceso de toma de decisión, probando la hipótesis que indica que la distribución de casos no es aleatoria, y que existe asociación entre la concentración de casos y sus determinantes sociales, con el fin de focalizar estrategias de control y prevención. Dado que esta investigación busca responder a las principales demandas de información de los gestores de salud de la ciudad de Tandil (directivos del Hospital, cuerpo médico y gobierno local), la selección de metodologías y procedimientos están orientados en ese sentido, básicamente: la distribución espacial de los casos y

¹ La información utilizada proviene del Hospital de Niños de la ciudad de Tandil y se accede a ella gracias a un Convenio Específico firmado por la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires y el Hospital Municipal de Tandil 'Ramón Santamarina'

la caracterización sociodemográfica de la población.

METODOLOGÍA

Para esta investigación, se utilizará la información obtenida de las historias clínicas digitales provenientes del Hospital de Niños Dr. Debilio Blanco Villegas de la ciudad de Tandil. Las historias clínicas correspondientes a las atenciones de guardias del Hospital, poseen las siguientes variables:

- Número de historia clínica (número único de identificación del paciente)
- Fecha de nacimiento del paciente
- Sexo
- Domicilio (dirección postal del paciente)
- Posee obra social
- Fecha de la atención
- Diagnóstico CIE-10 (se utiliza la clasificación propuesta por CIE-10 para clasificar las enfermedades)

La variable ‘Domicilio’ se utiliza para la georreferenciación de cada paciente. Esto permite la identificación de la distribución espacial de los casos, a partir de una escala topológica de punto, pudiendo trabajar con la morbilidad como un evento espacial continuo. Se selecciona el período de análisis comprendido entre el mes de marzo de 2010 hasta el mes de marzo de 2014. El total de pacientes atendidos en la guardia del Hospital de Niños Dr. Debilio Blanco Villegas fue de 24.461 personas menores de 18 años, que equivale a un total de 115.904 ingresos en la guardia (cada vez que un paciente identificado con una historia clínica ingresa a la guardia del Hospital se genera un nuevo registro asociado a esa historia clínica). El siguiente paso fue seleccionar de ese total, aquellos casos registrados por Enfermedades Respiratorias Infecciosas, correspondientes a los siguientes códigos de CIE-10 (Tabla 1)²:

El total de pacientes atendidos en la guardia del Hospital es de 13.357 personas, que equivale a un total de 36.262 ingresos a la guardia. En el Mapa 1 se presenta la distribución de los casos de EIR en la ciudad de Tandil en el período de análisis.

Se proponen ocho categorías de análisis sobre las cuales se aplicará el procedimiento de análisis espacial ‘Promedio de vecino más cercano’, de manera de organizar en grupos más pequeños al total de los pacientes analizados. Se presentan las categorías en la Tabla 2.

2 Se utiliza la Clasificación Internacional de Enfermedades CIE-10, dado que permite el registro sistemático, el análisis, la interpretación y la comparación de los datos de mortalidad y morbilidad recolectados en diferentes países o áreas y en diferentes épocas.

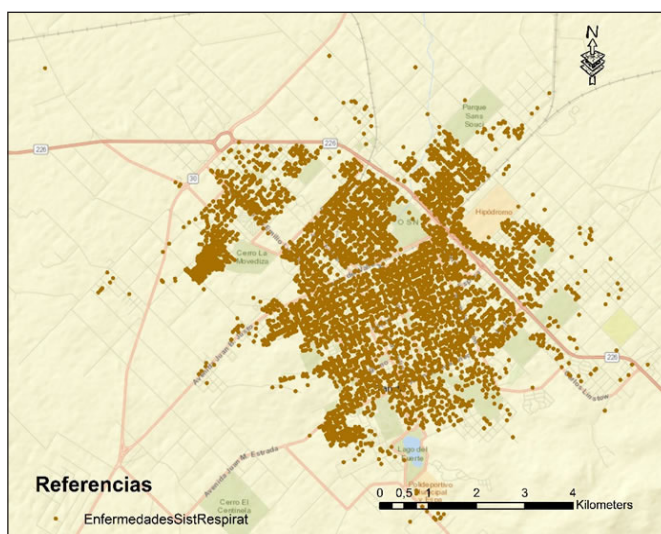
Tabla 1. Causas seleccionadas y frecuencias de atención en Guardia Tandil 2010-2014

CÓDIGO	FRECUENCIA	CÓDIGO	FRECUENCIA
J398. Enfermedades especificadas de las vías respiratorias superiores	10318	J068. Otras infecciones agudas de sitios múltiples de vías respiratorias superiores	182
J980. Enfermedades de los bronquios y la tráquea no especificados en otros lados	4045	J180. Bronconeumonía, no especificada	173
J029. Faringitis aguda, no especificada	3834	J019. Sinusitis aguda	137
J00X. Rinofaringitis aguda	3207	J129. Neumonía viral, no especificada	127
J219. Bronquiolitis aguda	2204	J042. Laringotraqueitis aguda	98
J209. Bronquitis aguda	2193	J101. Influenza, con otras manifestaciones respiratorias, por virus influenza especificado	65
J370. Laringitis crónica	1967	J399. Enfermedad de las vías respiratorias superiores, no especificada	60
J111. Influenza con otras manifestaciones respiratorias	1489	J218. Bronquiolitis aguda debido a microorganismos especificados	58
J040. Laringitis aguda	1041	J069. Infección aguda de las vías respiratorias no especificada	50
J039. Amigdalitis aguda	967	J210. Bronquiolitis aguda debido a virus sincitial respiratorio	45
J020. Faringitis estreptocócica	812	J310. Rinitis crónica	38
J189. Neumonía, no especificada	335	J984. Otros trastornos del pulmón	35
J80X. Síndrome de dificultad respiratoria	287	J312. Faringitis crónica	25
J159. Neumonía bacteriana, no especificada	231	J110. Influenza con neumonía, virus no identificado	15
J40X. Bronquitis, no especificada como aguda o crónica	211	J120. Neumonía debida a adenovirus	13

Fuente: elaboración personal, CIE-10

Distribución espacial de la morbilidad según causas

Mapa 1. Mapa de casos de EIR



Fuente: elaboración personal

Tabla 2. Distribución de atenciones según categoría. Tandil 2010-2014

CATEGORÍA	TOTAL	%	UNIDAD DE ANÁLISIS
Varones	18900	52,28	Reg. de HC
Mujeres	17250	47,72	Reg de HC
Sin OS	22471	62,16	Reg de HC
Con OS	13679	37,84	Reg de HC
Menores 2 años	1729	4,78	Reg de HC
>2 años < 18 años	34421	95,22	Reg de HC
Frec. Atención > 5 veces	2049	15,34	Personas
Frec. Atención < 5 veces	11308	84,66	Personas

Fuente: elaboración personal en base a casos georreferenciados. HDBV por EIR

Para el análisis de distribución espacial de los casos se aplicarán las siguientes herramientas de análisis estadístico espacial de patrones:

- Promedio del vecino mas cercano
- Análisis de densidad Kernel-Raster reclass-Reclassify pertenecientes al software SIG ArcGIS 10.1.

El primer procedimiento se llevará a cabo para determinar si los datos analizados presentan clústering y, en el caso en que lo presenten, si esa agrupación

es estadísticamente significativa. El análisis de densidad Kernel se aplicará para analizar de qué manera la variable de morbilidad analizada se presenta en el espacio y con qué intensidad lo hace según categorías definidas y en relación a los cambios temporales, y se obtendrán así, categorías de riesgo. Una vez creadas las categorías de riesgo, se asociará la superficie creada, a la población subyacente, permitiendo esto, caracterizar socioeconómicamente a la población sobre la cual se está haciendo el análisis.

ANÁLISIS PROMEDIO DE VECINO MÁS CERCANO

Este análisis calcula un índice en base a la distancia promedio desde cada entidad hasta la entidad vecina más cercana. Se expresa como la relación entre la distancia media observada y la distancia media esperada. La distancia esperada es la distancia promedio que hay entre vecinos en una distribución hipotética aleatoria.

El análisis de un patrón puntual, que refiere al estudio de la disposición de un conjunto de eventos sobre una región del plano, se enmarca en una de las tres grandes ramas de la estadística espacial: aquella que estudia los procesos puntuales (Giraldo Henao, 2011). Específicamente intenta determinar si dichos eventos presentan un patrón de agregación (es decir, si existen eventos que se producen cerca de otros eventos) o de desagregación (los eventos ahora aparecen diseminados en el espacio), o aleatoriedad completa (los eventos se producen con igual probabilidad en cualquier punto del espacio, con independencia de dónde se hallen los otros eventos) (de la Cruz Rot, 2006; López Abente Ortega; Ibañez Martí, 2001).

También es posible que podamos comparar los patrones de dos conjuntos de eventos y, si el patrón es de agregación o desagregación, puede considerarse su modelización como proceso puntual, lo que permite también realizar análisis estadísticos ricos.

Los procesos puntuales, entonces refieren a la localización de eventos. Un sencillo ejemplo de proceso puntual serían las coordenadas de los domicilios de los casos de una enfermedad. En este tipo de datos se trataría de observar y valorar si existe una tendencia de los eventos a exhibir un patrón sistemático, especialmente alguna forma de regularidad o de agregación. Se trataría de conocer si la intensidad de los eventos varía sobre la región de estudio y posiblemente buscar elementos que nos ayuden a explicar o comprender el fenómeno (Molina, 2008).

El valor del índice que se obtiene mediante la aplicación de esta herramienta es el resultado de la medición de la distancia entre cada centroide de entidad (punto correspondiente a una atención en la guardia del hospital) respecto de la ubicación del centroide de su vecino más cercano. Para este trabajo se

eligió un nivel de confianza del 95%, que representa una desviación estándar de -1,96 y +1,96 y un valor p de 0,05. Si la puntuación z que obtuviéramos se encontrara entre -1,96 y +1,96 y su valor p fuera mayor que 0,05, no puede rechazarse la hipótesis nula; el patrón exhibido posiblemente fuera el resultado de procesos espaciales aleatorios. Si la puntuación z obtenida cayera fuera de ese rango (por ejemplo -3,2 o +4,1), probablemente sería casi imposible que el patrón espacial observado fuera el resultado de la opción aleatoria, y el valor p será pequeño, reflejando eso. Se podrá rechazar la hipótesis nula, para seguir analizando qué puede estar causando ese proceso de clusterización espacial estadísticamente significativa en los datos.

ANÁLISIS DE DENSIDAD KERNEL

Una manera de observar los aspectos de la realidad, es examinar cómo se distribuye espacialmente y con qué intensidad eso sucede.

El concepto de densidad espacial alude a una relación (cociente) entre el nivel de presencia de un fenómeno en un lugar (fallecimientos por causa), y la superficie de ese lugar. El dividendo de este cociente es inmediato y definido, sin embargo, el divisor, no tiene una obtención tan directa. Esto es debido a que resulta complicado definir cuál es el ámbito apropiado para ser tomado como base. Debe establecerse el ámbito de referencia de acuerdo con criterios relacionados con la naturaleza del fenómeno.

Los clásicos mapas de densidad adoptaban circunscripciones poligonales derivadas de divisiones administrativas. Pero, en los mapas que en este trabajo se realizan, debe definirse para cada píxel de la capa ráster un entorno de carácter circular que será el utilizado como base de referencia para calcular la densidad. El centroide de cada píxel se convierte en el centro del círculo, el área que se defina a partir del círculo, y los puntos que estén comprendidos dentro del mismo se usarán para conformar el valor asociado al dividendo. Cada punto puede tener además, un valor o un peso (referido por ejemplo a la cifra de habitantes de ese lugar).

En el caso de la densidad Kernel, los puntos del interior de los círculos son ponderados de manera desigual, según su proximidad al centroide del píxel (los más cercanos pesarán más, y los más alejados pesarán menos).

La densidad Kernel se ajusta a una superficie curva uniforme sobre cada punto. El valor de superficie es más alto en la ubicación del punto y disminuye a medida que aumenta la distancia desde el punto, y alcanza valor cero en la distancia máxima especificada, establecido desde el punto. Para calcular la densidad de cada celda raster de salida, se agregan los valores de todas las superficies de kernel en donde se superponen con el centro de la celda ráster. La función kernel se basa en la función kernel cuadrática que se describió en

Silverman (1986, p.76 ecuación 4.5).

Básicamente, el análisis de densidad toma cantidades conocidas de un fenómeno (en este caso los puntos que representan fallecidos por causas en la ciudad de Tandil) y las expande a través del paisaje basándose en la cantidad que se mide en cada ubicación y la relación espacial de las ubicaciones de las cantidades medidas (Moreno Jiménez, 2005).

La densidad Kernel enumera cada caso georreferenciado como valor uno y según su vecindad expande su área de influencia hasta el valor cero, clasificando por defecto en nueve intervalos iguales a las áreas generadas (Buzai y Baxendale, 2006).

El análisis de densidad a partir de entidades de punto debe considerar algunos parámetros que pueden modificar notablemente los resultados que se obtengan. Por lo tanto, es importante definirlos previamente de manera adecuada. Los parámetros que se adoptaron para este caso son los siguientes:

- *Tamaño de píxel (Output cell size)* Si se define este valor (dado que es opcional), especifica el valor del entorno. Se definió un tamaño de píxel de 30 metros
- *Ancho de banda (Search radius)* También es opcional. Si se define, indica el radio de búsqueda sobre el cual se va a calcular la densidad. El ancho de banda se estableció en 600 metros
- *Unidad de medida (Area units)* Representa la unidad de medida en que se obtendrá el resultado final. Se utilizó la hectárea como unidad de medida resultante.

PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS

La aplicación del procedimiento análisis del vecino más cercano (Tabla 3), muestra que en todos los casos, la distribución de puntos presenta algún grado de agrupación, y que esa agrupación no se debe, bajo ningún aspecto, a procesos subyacentes aleatorios. Claramente, la variable que se está midiendo, se produce y ocurre sobre una población de base, por lo tanto, es probable, aunque no de manera definitiva, que la distribución de una y otra, posean asociación directa. No obstante esto, el interés por confirmar la existencia de clústering, reside en obtener un conocimiento más profundo y cuantificable acerca del comportamiento de la morbilidad por las causas seleccionadas.

Los primeros procedimientos se realizaron sobre las categorías indicadas previamente y, sobre los resultados obtenidos, se definieron cinco categorías de riesgo: Riesgo Bajo, Riesgo Medio Bajo, Riesgo Medio, Riesgo Medio Alto y Riesgo Alto. De todas las categorías, cuatro presentaron resultados significativamente diferentes (Tabla 3).

La distribución espacial de todas las categorías de riesgo de los pacientes

con Obra Social (Mapa 2), abarca una superficie más grande que la de los pacientes sin Obra Social (Mapa 3). Las superficies de Riesgo Alto, se ubican cercanas al área central de la ciudad, situación opuesta a la que se observa en el caso de la categoría de Riesgo Alto para los pacientes sin Obra Social. En ese caso, el Riesgo Alto se encuentra circunscripto a dos áreas más pequeñas ubicadas en el norte y en el noroeste de la ciudad, rodeadas por una delgada franja correspondiente al Riesgo Medio Alto. En el mapa de pacientes con Obra Social, la categoría de Riesgo Medio Alto abarca mayor cantidad de superficie, en áreas circundantes al Riesgo Alto, pero también en el centro, noreste y noroeste de la ciudad. Si sabemos que la densidad es el número de casos dividido por el área, entonces, al multiplicar la densidad por el área dará una cifra esperada.

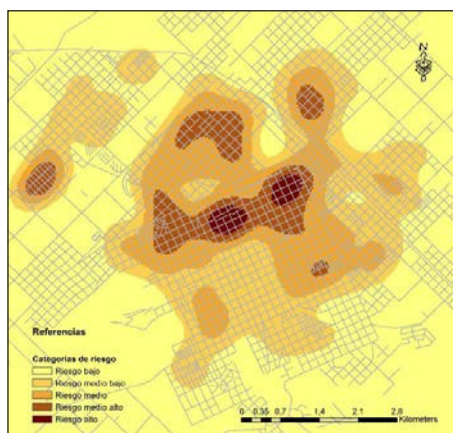
Por ejemplo, si miramos las atenciones de pacientes sin Obra Social en los años considerados, y habiendo utilizado un tamaño de celda de salida de 30 metros, vemos que cada celda recibe un valor de 24 atenciones por hectárea (aproximadamente una manzana). Puesto que el área de la celda es de 900 metros cuadrados ($30\text{m} * 30\text{m} = 900\text{m}^2$), podemos multiplicar la densidad por el área para obtener un valor esperado ($24 \text{ atenciones/m}^2 * 900\text{m}^2 = 21,6 \text{ atenciones}$). Esto significa que si las condiciones no cambian de mes a mes, esperamos ver alrededor de 21,6 pacientes procedentes de las regiones con categoría de Riesgo Alto. Sin embargo, sabemos que las condiciones cambian mes a mes y a lo largo del tiempo. Es por eso que resulta interesante analizar cuáles son las variables que intervienen en la variación espacial de esas regiones de Riesgo.

Tabla 3. Indicadores de vecindad

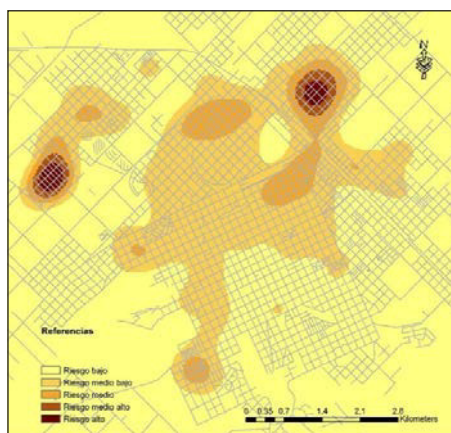
VARIABLE	CATEGORÍA	ÍNDICE DE VECINDAD	Z	P
Sexo	Varones	0,10	-217,45	0,00
	Mujeres	0,10	-209,18	0,00
Posee Obra Social	Sin OS	0,08	-246,63	0,00
	Con OS	0,13	-178,8	0,00
Edad de los pacientes	Menores 2 años	0,21	-58,25	0,00
	>2 años < 18 años	0,07	-303,62	0,00
Cantidad de veces que se atendieron por EIR	Frecuencia Atención > 5 veces	0,01	-223,15	0,00
	Frecuencia Atención < 5 veces	0,11	-224,77	0,00

Fuente: elaboración personal en base a datos provenientes de la guardia HDBV 2010-2014

Mapa 2. Pacientes Con Obra Social



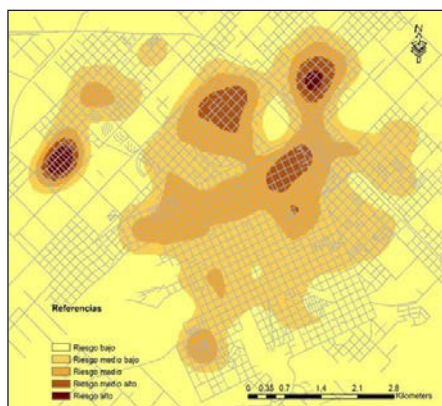
Mapa 3. Pacientes Sin Obra Social



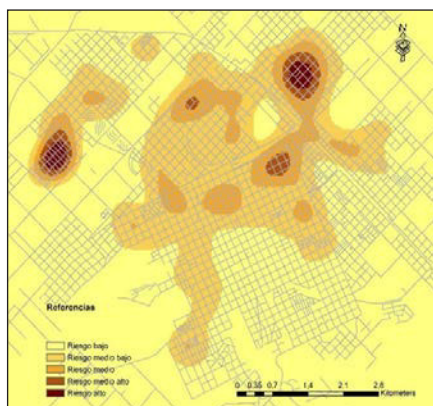
Fuente: elaboración personal en base a casos georreferenciados. HDBV por EIR

Cuando se realiza el análisis de densidad para analizar la población que se ha atendido por EIR más de 5 veces (Mapa 5), se obtienen nuevamente dos superficies asociadas al Riesgo Alto en el norte y noroeste de la ciudad, coincidiendo con el caso de Riesgo Alto en el mapeo de pacientes sin Obra Social. En el siguiente caso, cuando la frecuencia de atenciones ha sido menor a 5 veces (Mapa 4), puede verse nuevamente la existencia de las manchas de densidad de Riesgo Alto en el norte y en el noreste de la ciudad, pero además, se observa una superficie que rodea en toda su extensión al Riesgo Alto, pero que además se extiende sobre el norte del cuadro central de la ciudad y sobre el noroeste.

Mapa 4. Frecuencia de atención menos de 5 veces



Mapa 5. Frecuencia de atención más de 5 veces



Fuente: elaboración personal en base a casos georreferenciados. HDBV por EIR

CONCLUSIONES Y REPLICABILIDAD

La implementación de las metodologías mencionadas permitieron obtener resultados que satisficieron las demandas iniciales del Hospital de Niños Dr. Debilio Blanco Villegas, y constatar algunas hipótesis que se esbozaban sin fundamento empírico. Esto permitirá orientar acciones preventivas concretas sobre la población en riesgo, para mitigar el impacto de las enfermedades respiratorias. Pero además, permite demostrar que la vulnerabilidad sociodemográfica se asocia fuertemente con la vulnerabilidad sanitaria, y que algunos de los factores que se ven asociados a la incidencia de las enfermedades respiratorias, también se asocian a otro tipo de enfermedades. Por lo tanto, el trabajo conjunto sobre la reversión de indicadores sociales, podría mejorar directamente la salud y viceversa.

Es interesante mirar lo que sucede cuando se seleccionan aquellas personas que se han atendido en la guardia más de cinco veces. Esto indica, más de una vez por año considerado a causa de EIR. Se han encontrado casos en los que se ha ingresado más de 45 veces a la guardia por las causas mencionadas en los años seleccionados. Esto representa un gasto público sanitario muy alto, pero también, es un indicio de la calidad general de la salud de esos pacientes, y, posiblemente, de lo que será en su edad adulta.

Se consigna que este trabajo es una primera aproximación al análisis de los datos y su trabajo en profundidad, quedando de relieve la potencialidad, la riqueza y la utilidad del trabajo realizado con las enfermedades seleccionadas, utilizando Sistemas de Información Geográfica.

Además, dado que las Historias Clínicas digitales son una fuente de información constante, se espera continuar trabajando en estas y en otras causas, que permitan mejorar la salud de la población. No debe dejar de mencionarse el valor real que poseen las Historias Clínicas Digitales en este sentido, y, por supuesto, la necesidad imperante de mejorar constantemente la calidad de estos registros. De manera no directa, pero como corolario, este trabajo intenta poner de manifiesto la necesidad de concientización respecto del valor que poseen estas fuentes de datos.

La divulgación, además, de esta información y estas metodologías, busca mostrar la potencialidad, y propone que se repliquen estos estudios y se avance en la digitalización de Historias Clínicas en todos los centros de atención de la salud.

AGRADECIMIENTOS

Al Hospital de Niños Dr. Debilio Blanco Villegas de la ciudad de Tandil, representada por su Administrador, Sr. Alejandro Ruffa y al Hospital Ramón Santa-

marina, representada por su Director Administrativo Cdor. Darío Pretti. A la jefa de Cómputos del Hospital de Niños, Graciela Castiglione por su amable colaboración diaria en el trabajo de consistencia y creación de las bases de datos utilizadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldana V., et al. (2001). Infecciones respiratorias agudas en menores de 5 años. Práctica médica efectiva. <http://bvs.insp.mx/articulos/1/17/v3n7.pdf>.
- Álvarez R. (2001). Infecciones respiratorias agudas. En: Álvarez R., *Temas de Medicina General Integral*. Ciudad de la Habana: Ed. ECIMED.
- Bailey, T. y Gatrell, C. (1995). *Interactive spatial data analysis*. Essex: Longman
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2006). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Lugar editorial, Buenos Aires.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Tomo 1: Perspectiva científica / Temáticas de base raster. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- Curtis, A., y Lee, W. A. A. (2010). Spatial patterns of diabetes related health problems for vulnerable populations in Los Angeles. *International Journal of Health Geographics*, pp. 1-10.
- De la Cruz Rot, M. (2006). Introducción al análisis de datos mapeados o algunas de las (muchas) cosas que puedo hacer si tengo coordenadas. *Asociación Española de Ecología Terrestre, Ecosistemas*, 15(3):19-39, <http://www.revistae-cosistemas.net/articulo.asp?Id=448>.
- Diggle, P. J. (2003). *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*. Segunda Edición. London: Arnold
- Elliot, P., Wakefield, J. (2000). Spatial epidemiology: methods and applications. En: D Briggs. *Spatial epidemiology methods and applications*. Oxford: Oxford University Press
- Fuenzalida Díaz, M. (2010). Análisis de desigualdades territoriales en la oferta de equipamientos públicos: el caso de los hospitales en la red asistencial del sistema público de salud en Chile. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (GESIG-UNLU, Luján). 2(2), Sección I:111-125. www.gesig-proeg.com.ar.
- Girado Henao, R (2001). *Estadística Espacial*. Departamento de Estadística, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Goodchild, M., Haining, R. (2005). SIG y análisis espacial de datos: perspectivas convergentes. *Investigaciones Regionales*, primavera, número 006. Asociación Española de Ciencia Regional. Alcalá de Henares, España.
- Humacata, L. (2011). Aplicación del análisis exploratorio de datos espaciales para la definición de espacios socio-habitacionales en la Provincia de

- Buenos Aires. *Anuario de la División Geografía* de la Universidad Nacional de Luján. Luján. Libro resúmenes: p. 54 + CD 26 páginas.
- INDEC. (2001, 2010). Censo Nacional de Hogares, Población y Vivienda. Buenos Aires. Argentina.
- Moreno Jiménez, A. (2005). *Sistemas y Análisis de la Información Geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS*. Madrid: Ra-Ma, 895 pp
- Moreno Jiménez, A., Buzai, G. y Fuenzalida Díaz, M. (2012). *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales*. Ra-Ma editorial. Madrid.
- Odoñez, C., Varela, M., y Reyes, A. (2011). Desarrollo de un SIG para el análisis de patrones. *GEO Focus* Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, pp. 1-18
- Riverón, RW., Rojo, I., González, P., (1999). Mortalidad por enfermedades respiratorias agudas en menores de 15 años en Cuba. *Rev Cub Hig Epidemiol*. 24(3):279-89.
- Silverman, V W (1986). *Density estimation for Statistics and Data Analysis*. New York: Chapman and Hall.
- Tiwari, N., Adhikari C. M., Tewari and A., Kandpal, V. (2006). Investigation of Geo- Spatial hot spot of the occurrence of the Tuberculosis in Almora District. *International Journal of Health Geographics*, 5(3).

ANÁLISIS DE DETERMINANTES AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS

— Adela Tisnés —

INTRODUCCIÓN

El avance concreto en la detección y medición de las desigualdades en salud, es indispensable para conocer el estado actual, las necesidades y los determinantes sanitarios. Muchos análisis en salud, como así también los sistemas de información, pasan por alto las desigualdades espaciales. Dada esta situación, es muy complejo y difícil que las acciones y las políticas que se definen a escala más global, tengan un impacto real y fructífero frente a las realidades específicas locales.

A lo largo del tiempo, la medición del estado sanitario de un lugar, se ha hecho a partir de valores promedio para un área extensa. Claramente esta es una primera aproximación al estado general, pero también es cierto que los valores promedio ocultan diferencias notables a su interior. Detectar estas anomalías dentro de valores promedio, representa un importante avance en la precisión de la información. Su utilización puede redundar en la detección de patrones de comportamiento, áreas de vulnerabilidad, y, por lo tanto, en una orientación más específica de recursos y abordaje eficiente de la problemática. A esto hay que sumarle el hecho de la predicción temprana y la consecuente prevención de enfermedades.

Un problema complejo que debe ser resuelto es aquel que tiene que ver con la definición de la escala que se utilizará. Es verdad que en la medida en que se achica el espacio geográfico de análisis, el abordaje puede ser más puntual y específico. Por otro lado, la ampliación de la escala permite un estudio más general de mayor alcance poblacional, pero con menos especificidad. Cada una de estas soluciones, además, posee problemáticas intrínsecas. La escala más pequeña puede ser muy específica en la evaluación de ciertos determinantes sociales de la salud, pero pierde capacidad de análisis porque no incluye la interrelación de factores que existen en escalas más grandes. A su vez, una escala que abarque un espacio más amplio, esconde en su interior aquellas desigualdades de orden más local.

Es por esto que es de suma importancia una definición adecuada y útil de la escala de análisis en el trabajo con determinantes de la salud.

En este trabajo se plantean dos abordajes. Por un lado, una caracterización de las áreas de vulnerabilidad, a partir de datos provenientes de la base de datos provista por el Hospital de Niños Dr. Debilio Blanco Villegas (HDBV)

que comprende las atenciones en la guardia del hospital entre los años 2010 y 2014. Este análisis permite una definición de perfiles demográficos en la medida en que la morbilidad cambia espacialmente producto de cambios en la temperatura media del lugar¹.

El siguiente abordaje incluye también una dimensión sanitaria, definida por la morbilidad por Enfermedades Infecciosas Respiratorias (EIR) y una dimensión socioeconómica, definida por variables que reflejan las condiciones de vida de la población en ese sentido².

Ambas dimensiones representan las condiciones de riesgo relativo presente en la ciudad en relación a las EIR.

Si se presentara este análisis en una sola de las dimensiones, estaríamos en presencia de ‘Áreas Críticas’. Si por el contrario, el análisis incluyera a ambas perspectivas, podemos definir áreas vulnerables. El concepto de vulnerabilidad social da cuenta de *“la inseguridad o indefensión que experimentan las comunidades, familias e individuos en sus condiciones de vida a consecuencia del impacto provocado por algún tipo de evento económico o social de carácter traumático”* (Pizarro, 2001). Los determinantes sociales relacionados o condicionados por la desigualdad socioeconómica, da lugar a situaciones de vulnerabilidad social.

Los Sistemas de Información Geográfica son una potente herramienta para el análisis geográfico, dado que permiten espacializar los procesos sociales, y comprender su interacción, evolución y cambio en el tiempo y el espacio.

Según Bosque Sendra y García (2000) los Sistemas de Información Geográfica pueden clasificarse en dos grandes grupos: los de gestión y descripción del territorio: que buscan responder la pregunta ¿dónde están las cosas?, y aquellos de ordenación y planificación del territorio: que intentan responder a cuestiones de ¿dónde deben estar las cosas?

Luego, el esfuerzo debería estar puesto en poder explicar por qué las cosas están donde están, o por qué deben estar donde se plantea que estén. En este sentido es que se orienta el presente trabajo. Dado que existen, como se vio en el apartado anterior, desigualdades espaciales en relación a la prevalencia de atenciones de Enfermedades Infecciosas Respiratorias en la guardia en el Hospital de Niños Dr. Debilio Blanco Villegas (HDBV), la pregunta es: ¿cuáles son las áreas vulnerables en la ciudad de Tandil? ¿a qué se deben?

Dado que las enfermedades infecciosas del Sistema Respiratorio presentan como problemática la desigual distribución espacial de morbilidad en la pobla-

1 La información utilizada proviene del Hospital de Niños de la ciudad de Tandil y se accede a ella gracias a un Convenio Específico firmado por la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires y el Hospital Municipal de Tandil ‘Ramón Santamarina’

2 Se utiliza la Clasificación Internacional de Enfermedades CIE-10, dado que permite el registro sistemático, el análisis, la interpretación y la comparación de los datos de mortalidad y morbilidad recolectados en diferentes países o áreas y en diferentes épocas.

ción, el objetivo de esta aplicación es analizar los factores de riesgo asociados que favorecen la desigual distribución espacial de las atenciones en las EIR, originándose así, áreas vulnerables en la ciudad. A partir de esto, se generará información que permitirá orientar recursos, planificar las políticas de prevención a los gestores de salud, hacia los sectores que mayores problemáticas al respecto poseen.

En general, las infecciones respiratorias se presentan en los niños y menores de 18 años de manera aguda. Debido a esto, originan una atención en los Servicios de Urgencia. Estas enfermedades se registran de manera constante durante todo el año, sin embargo su incidencia aumenta fuertemente en las épocas de temperaturas frías, puntualmente en otoño e invierno.

METODOLOGÍA

Se utiliza el análisis de densidad Kernel sobre la población que ha sido atendida por la Guardia del Hospital de Niños Dr. Debilio Blanco Villegas, para estudiar el patrón espacial de distribución de la morbilidad en dos meses del período. Primero, se selecciona la población a partir de la cual se generaron las densidades, para hacer una caracterización demográfica a partir de la información existente en las Historias Clínicas Digitales.

Para esto, se seleccionan de la tabla 'dbf' originada a partir de la sistematización de los registros de Historias Clínicas, todos los casos que corresponden a la población que se atiende durante el mes de julio de 2012 y agosto de 2012 a causa de EIR.

Sobre esos casos, se aplica el procedimiento de análisis de densidad Kernel, obteniendo una capa raster sobre la que se definieron cinco categorías de riesgo, mediante la opción 'Classify' utilizando el método 'Natural Breaks' incluido dentro de las opciones Lyer Properties disponible en Arc Gis 10.1.

Una vez generadas las categorías de riesgo, se reclasifican los valores de la capa raster obtenida, utilizando la opción 'Reclassify' de la caja de herramientas Spatial Analyst. Con este procedimiento se simplifica la información de la capa raster, y se agrupa en las cinco categorías de riesgo: 'Riesgo Alto', 'Riesgo Medio Alto', 'Riesgo Medio', 'Riesgo Medio Bajo' y 'Riesgo Bajo'. Luego se transforma la capa raster reclasificada en una capa vectorial, accediendo al menú 'Conversion Tools', 'From Raster' y por último 'Raster to Polygon'.

El siguiente paso fue aplicar el procedimiento 'Spatial Join' entre la capa de puntos con las atenciones de los pacientes en los meses de julio y agosto de 2012 (de manera separada), con la capa vectorial generada en el paso anterior. De esta manera, a cada uno de los registros correspondientes a cada Historia Clínica, se le asigna el valor de la categoría de riesgo que corresponde a su ubicación en el espacio. Así, es posible caracterizar a todos los pacientes,

a partir de la categoría de riesgo y la información sociodemográfica existente en cada una de las historias clínicas.

Para el segundo análisis se trabajó con las capas raster obtenidas en el capítulo anterior, derivadas de las variables: ‘No posee Obra Social’ y ‘Frecuencia de atención: más de 5 veces’. Luego se analizó la relación existente entre esas dos capas raster con información sociodemográfica proveniente del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2010 para encontrar los determinantes sociales que favorecen la desigual distribución de la morbilidad, y se siguieron los siguientes pasos.

A la capa vectorial de radios censales de la ciudad de Tandil del año 2010, se adjunta por medio de la herramienta ‘Join and Relates’, la información proveniente del Censo, disponible también para cada uno de los radios censales³. Este último campo se utiliza como campo común para realizar la unión. Se seleccionaron siete variables de la base del Censo: (h5_3t Pisos: de tierra o ladrillo; h7_2t Revestimiento: no; h10_2t Tiene agua: fuera de la vivienda pero dentro del terreno; h19_3t Combustible para cocinar: gas de garrafa; h24b_2t Heladera: no posee; h24f_2t Celular: no posee; h24k_1t Pc: no posee).

Se tiene ahora una capa vectorial con información socioeconómica en cada radio. Sobre esa capa, se procede a crear grupos, que reúnan radios con comportamientos heterogéneos, y defina, de esta manera, regiones al interior de la ciudad con similares características sociodemográficas.

Se utiliza para esto el procedimiento ‘Grouping Analysis’, disponible dentro de la opción ‘Mapping Clusters’ de ‘Spatial Statistics Tools’. Se crean cinco regiones o grupos de radios censales. El proceso de clasificación de ‘Grouping Analysis’ encuentra clústers naturales en los datos. La capa resultado, habrá ubicado a todas las entidades (en este caso radios censales) dentro del grupo en el que más parecido sea, consiguiendo además que todos los grupos entre sí, sean lo más diferentes posible.

Un problema que se presenta cuando se trabaja con datos con diferente nivel de agregación, es la denominada ‘Falacia Ecológica’ que surge cuando el esquema de agregación de una de las variables de trabajo, difiere con aquello que se intenta analizar. En este caso, la agregación (aunque también el análisis sobre radios censales sin agrupar), presenta problemas serios si lo que se quiere analizar es, como en este caso, la morbilidad a partir de datos en forma de puntos o de densidades Kernel por ejemplo para la ciudad de Tandil. La naturaleza de uno y otro son significativamente diferentes y se corre el riesgo

³ Las fracciones y los radios son unidades censales definidas por un espacio territorial con límites geográficos y una determinada cantidad de unidades de viviendas a relevar. Corresponden a distintos niveles de la estructura censal y determinan cargas equilibradas para cada uno de ellos. Asegura un mejor control de la cobertura territorial, facilita la distribución y recuperación de los materiales censales y determina en gran parte la calidad y el buen desarrollo del operativo. Los radios además, son la división espacial más chica en la que se publican los resultados del censo.

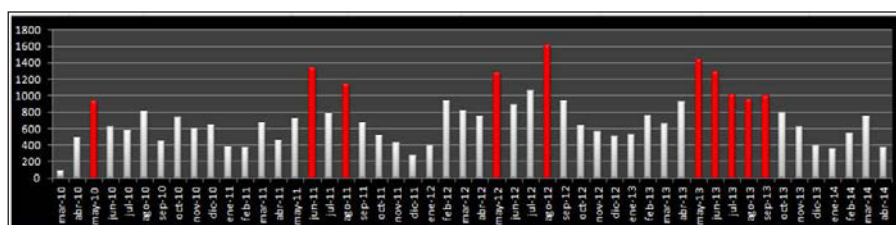
de caer en la falacia ecológica si se concluye con afirmaciones absolutamente determinísticas. El hecho de trabajar con agrupaciones homogéneas para un conjunto de atributos que se relacionan de manera directa y con precisión acerca del tema que se analiza, puede reducir la influencia de la falacia ecológica.

PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA MORBILIDAD POR EIR

La distribución mensual absoluta de atenciones por EIR, muestra que existe una disparidad notable en relación a la cantidad de pacientes atendidos en uno y otro mes (Figura 1). Como puede apreciarse en la figura, las frecuencias más elevadas se presentan en los meses de invierno, con un pico máximo en el mes de agosto de 2012. Es interesante observar cómo se refleja esa situación en el espacio.

Figura 1. Distribución absoluta de casos de EIR. Tandil 2010-2014



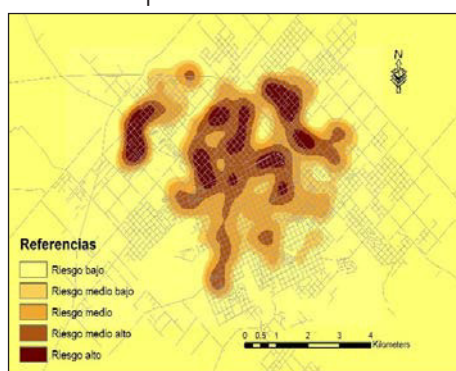
Fuente: elaboración personal en base a datos provenientes de la guardia HDBV 2010-2014

Uno de los factores ambientales de riesgo más importantes para estas enfermedades es el frío y los cambios de temperatura. Por lo tanto, es lógico que en la medida en que las temperaturas desciendan, aumenten notablemente la cantidad de atenciones por este tipo de enfermedades. Lo siguiente que se observó por medio del análisis de densidad, es cómo varían y se mueven en el espacio las categorías de riesgo.

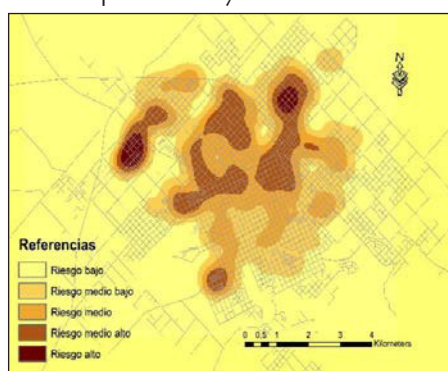
Cuando se observa el comportamiento de las categorías de riesgo, es posible observar que en la medida en que se incrementa la cantidad absoluta de atenciones, la distribución tiende a concentrarse en unas pocas áreas más pequeñas y con valores de densidad de las categorías de Riesgo Alto y Medio Alto más elevadas. Por lo tanto, cuando sucede un recrudecimiento de las temperaturas, no se observa un aumento en la extensión de las áreas de Riesgo Alto y Medio Alto, sino por el contrario, los casos tienden a aglomerarse aún

más. Esta situación se observa en los meses de julio y agosto de 2012 (Mapa 1 y Mapa 2). Cuando aumenta la cantidad de pacientes atendidos en la guardia, aumentan los valores de densidad, básicamente en las categorías de Riesgo Alto y Medio Alto. Los análisis de los siguientes meses seleccionados muestra el mismo patrón de comportamiento: en la medida que aumenta el número de atenciones en la guardia, las categorías de Riesgo Alto y Medio Alto tienden a concentrarse y a disminuir la superficie que abarcan, aumentando los valores medios de densidad de atenciones.

Mapa 1. Densidad de Morbilidad por EIR abril 2012



Mapa 2. Densidad de morbilidad por EIR mayo de 2012



Fuente: elaboración personal en base a datos de la Guardia HDBV. Tandil 2010-2014

Luego, se seleccionó para cada uno de los meses de julio y agosto de 2012, la población a partir de la cual se generaron las superficies de densidad, que daban lugar a la creación de las cinco categorías de riesgo. En cada una de ellas se calculó la edad promedio de la población atendida.

Como puede observarse en la Tabla 1, no existen diferencias notables en el promedio entre la población que se atiende en la guardia del Hospital de Niños Dr. Debilio Blanco Villegas durante el mes de julio, siendo el valor registrado de 16 años de edad. Sin embargo se registra un descenso notable en el promedio de edad en las personas que se atienden durante el mes de agosto, pasando a una edad de 7 años promedio, lo cual refleja un cambio considerable en el perfil de las atenciones en un momento y en el siguiente.

Se presenta el análisis únicamente en los meses indicados, para ejemplificar el procedimiento y los resultados, que, claramente, pueden replicarse a lo largo del período.

Tabla 1. Promedio de edad en las atenciones según categoría de riesgo, julio y agosto del 2012. Tandil

CATEGORÍAS DE RIESGO	JULIO	AGOSTO
	PROMEDIO EDAD	
Riesgo Bajo	16	6
Riesgo Medio Bajo	14	7
Riesgo Medio	16	6
Riesgo Medio Alto	16	7
Riesgo Alto	15	7

Fuente: elaboración personal en base a datos provenientes de guardia HDBV

ANÁLISIS SOCIODEMOGRÁFICO A PARTIR DE LOS GRUPOS SOCIOECONÓMICOS OBTENIDOS

El resultado del procedimiento ‘Grouping Analysis’, da como resultado el siguiente mapa de características socioeconómicas (Mapa 3). Sobre el norte de la ciudad dos radios censales que poseen la situación socioeconómica más desfavorable, además, dos radios sobre el noroeste y un radio ubicado sobre el suroeste. Sobre el norte de la ciudad también se desarrolla el área con condiciones socioeconómicas medias bajas y en el centro y este de la ciudad, se consignan las áreas más favorecidas en este sentido.

Mapa 3. Regiones Socioeconómicas, Tandil 2010



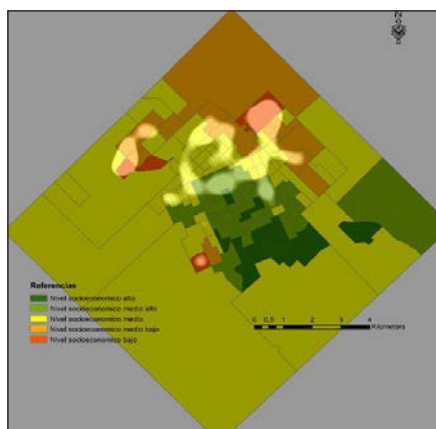
Fuente: elaboración personal en base a datos Censo 2010, INDEC 2010

Como se mencionaba anteriormente, se trabajará con las capas raster que se confeccionaron con las variables: ‘Obra social: no posee’ y ‘Frecuencia de atención: más de 5 veces’. Esta información proviene del procesamiento de las Historias Clínicas Digitales del Hospital de Niños Dr. Debilio Blanco Villegas.

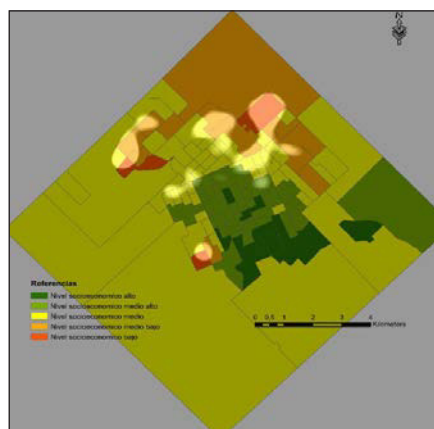
Las capas raster se trabajan de la misma manera que se detalló en el paso anterior, para definir las categorías de riesgo para cada una de ellas. Luego se analizó la relación existente entre estas categorías y la agrupación socioeconómica realizada.

De manera intuitiva y tal vez apresurada puede ya avizorarse una relación directa existente entre las categorías de Riesgo Alto y Riesgo Medio Alto (sombreadas con una tonalidad blanca), con los grupos conformados por radios censales con condiciones socioeconómicas desfavorables (coloreados con rojo y naranja) en los Mapas 4 y 5.

Mapa 4. Regiones socioeconómicas y Densidad Kernel para Variable ‘No posee Obra Social’



Mapa 5. Regiones socioeconómicas y Densidad Kernel para Variable ‘Frecuencia de atención: más de 5 veces’



Fuente: elaboración personal en base a datos Censo 2010, INDEC 2010 y datos provenientes de las historias clínicas del HDBV

Dado que no se puede conjeturar a partir de la mera apreciación visual, se calcularon estadísticos que permiten corroborar con mayor precisión tal asociación (Tabla 2 y Tabla 3).

La caracterización sociodemográfica muestra claramente, que las categorías de Riesgo Alto y Riesgo Medio Alto en las categorías ‘Frecuencia de atención: más de 5 veces’ y ‘Población sin obra social’, se asocian directamente a las situaciones sociodemográficas más desfavorables (Tabla 2). La categoría Riesgo Alto posee los valores más altos de población que vive en casas con piso de tierra y en viviendas sin revestimiento en sus paredes. A su vez, una propor-

ción muy elevada de población posee agua para el consumo cotidiano fuera del terreno en el que está la vivienda. Similar situación se observa en relación a algunas cuestiones materiales que se consignaron: muchos de ellos no poseen heladera, ni celular ni PC.

Tabla 2. Características sociodemográficas de las Categorías de Riesgo para la variable 'Frecuencia de atención: más de 5 veces'

GRUPO	ESTADÍSTICOS	PISO DE TIERRA	REVESTIMIENTO	AGUA FUERA TERRENO	GAS EN GARRAFA	HELADE-RA No	CELU-LAR No	Pc No
Riesgo Bajo	Promedio	0,15	6,42	2,01	15,2	2,07	19,9	150,11
	Desv. Est	0,43	5,97	3,49	25,9	2,03	8,2	49,6
Riesgo Medio Bajo	Promedio	0,17	11,25	4,74	30	5,21	40,3	328
	Desv. Est	0,38	7,81	4,68	23,5	2,94	13,45	89,6
Riesgo Medio	Promedio	2,43	33,3	19,3	149,5	14,5	26,2	437,7
	Desv. Est	1,41	96,5	8,09	46,17	4,74	14,1	147,1
Riesgo Medio Alto	Promedio	1	117	41	321	19	34	584
	Desv. Est	1	0	0	0	0	0	0
Riesgo Alto	Promedio	4,57	71,85	42,14	289,1	24,28	39,5	733,8
	Desv. Est	2,44	7,51	12,62	32,8	5,09	152	121,8

Fuente: elaboración personal en base a datos provenientes de guardia HDBV

La Tabla 3 presenta los valores que definen las áreas vulnerables cuando se analiza la frecuencia de atención en relación a las categorías de riesgo. Nuevamente se observa que las áreas en las cuales el riesgo por morbilidad por EIR, coincide con la situación socioeconómica más desfavorable.

Si bien esta es una situación esperable, es interesante ver de qué manera y en qué medida existen las disparidades sociodemográficas y cómo es que impactan directamente en la salud de la población. Muchas de las vectores que transmiten las EIR, se transmiten cuando las personas estornudan o tosen, por falta de higiene o contacto directo, y el riesgo de contagio aumenta con condiciones socio demográficas específicas de cada enfermo, como por ejemplo personas en situación de pobreza o calle, (García, 2010; Munch et al, 2003).

Como se puede apreciar en los mapas, en sectores muy puntuales de la

ciudad, se observa una incidencia muy notoria de las EIR.

Tabla 3. Características sociodemográficas de las Categorías de Riesgo para la variable 'No posee obra social'

GRUPO	ESTADÍSTICOS	PISO DE TIERRA	REVESTIMIENTO	AGUA FUERA TERRENO	GAS EN GARRAFA	HELADERA No	CE-LULAR No	Pc No
Riesgo Bajo	Promedio	0,03	8,63	6,12	14,2	2,78	16,54	132,22
	Desv. Est	2,43	5,97	5,24	34,9	4,57	9,3	40,4
Riesgo Medio Bajo	Promedio	0,33	14,11	5,36	3,55	4,46	38,6	154
	Desv. Est	0,38	7,81	4,68	23,5	2,94	13,45	89,6
Riesgo Medio	Promedio	4,43	33,3	19,3	149,5	14,5	26,2	437,7
	Desv. Est	3,41	96,5	8,09	46,17	4,74	14,1	147,1
Riesgo Medio Alto	Promedio	4,66	79,3	42,31	274,2	19,6	34	584
	Desv. Est	12,2	2,6	6,47	2,35	2,11	1,6	6,2
Riesgo Alto	Promedio	5,38	86,85	46,44	299,3	25	41,7	833,8
	Desv. Est	2,44	7,51	12,62	32,8	5,09	152	121,8

Fuente: elaboración personal en base a datos provenientes de guardia HDBV

TRANSFERENCIA Y APLICABILIDAD

La utilización de Sistemas de Información Geográfica permite conocer la situación sanitaria y socioeconómica de la población, y la combinación de ambas, la detección de áreas concretas de vulnerabilidad en la ciudad.

Visualizar e identificar las áreas vulnerables permite orientar programas y políticas de intervención y prevención adecuadas para disminuir inequidades sociales y sanitarias. En este trabajo, sólo se presenta el análisis de una parte de la población de la ciudad, y una sola causa de enfermedad (que podría desagregarse aun más), a modo de primera aproximación a la problemática.

Si bien son las primeras aproximaciones y los primeros análisis surgidos, es importante remarcar la potencialidad de la información proveniente de las Historias Clínicas Digitales. Es posible que haya mucho trabajo aún pendiente orientado a la mejora de la calidad. El hecho de mostrar, mediante aplicaciones concretas los primeros resultados obtenidos, es en parte una manera de poner de relieve la importancia de estos análisis, y concientizar así, acerca de la

necesidad imperiosa de mejorar la calidad de los registros.

La divulgación, además, de esta información y estas metodologías, busca mostrar la potencialidad, y propone que se repliquen estos estudios y se avance en la digitalización de Historias Clínicas en todos los centros de atención de la salud.

Además, el hecho de trabajar con una fuente de información como las Historias Clínicas, que permiten el procesamiento de la información casi en el momento en que suceden los hechos, las convierte en una herramienta de gestión muy valiosa. Tener información oportuna y de calidad, tiene que servir, sin dudas, para mejorar la situación sanitaria, pero también para reducir costos gracias a la definición de necesidades concretas y diferenciadas.

AGRADECIMIENTOS

Al Hospital de Niños Dr. Debilio Blanco Villegas de la ciudad de Tandil, representada por su Administrador, Sr. Alejandro Ruffa y al Hospital Ramón Santamarina, representado por su Director Administrativo Cdor. Darío Pretti. A la jefa de Cómputos del Hospital de Niños, Graciela Castiglione por su amable colaboración diaria en el trabajo de consistencia y creación de las bases de datos utilizadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldana V., et al. (2001). *Infecciones respiratorias agudas en menores de 5 años. Práctica médica efectiva*, <http://bvs.insp.mx/articulos/1/17/v3n7.pdf>.
- Álvarez R. (2001). Infecciones respiratorias agudas. En: Álvarez R., *Temas de Medicina General Integral*. Ciudad de la Habana: Ed. ECIMED.
- Bailey, T., Gatrell, C. (1995). *Interactive spatial data analysis*. Essex: Longman
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2006). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Lugar editorial, Buenos Aires.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Tomo 1: Perspectiva científica / Temáticas de base raster. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- Curtis, A., y Lee, W. A. A. (2010). Spatial patterns of diabetes related health problems for vulnerable populations in Los Angeles. *International Journal of Health Geographics*, pp. 1-10.
- De la Cruz Rot, M. (2006). Introducción al análisis de datos mapeados o algunas de las (muchas) cosas que puedo hacer si tengo coordenadas. *Asociación Española de Ecología Terrestre, Ecosistemas* 15(3):19-39, <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=448>.
- Diggle, P. J. (2003). *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*. Segunda Edición.

- London: Arnold
- Elliot, P., Wakefield, J. (2000). Spatial epidemiology: methods and applications. En: D Briggs. *Spatial epidemiology methods and applications*. Oxford: Oxford University Press
- Fuenzalida Díaz, M. (2010). Análisis de desigualdades territoriales en la oferta de equipamientos públicos: el caso de los hospitales en la red asistencial del sistema público de salud en Chile. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (GESIG-UNLU, Luján), 2(2) Sección I:111-125. Disponible en: www.gesig-proeg.com.ar.
- Girado Henao, R (2001). *Estadística Espacial*. Departamento de Estadística, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Goodchild, M., Haining, R.(2005). Sig y análisis especial de datos: perspectivas convergentes. *Investigaciones Regionales*, primavera, número 006. Asociación Española de Ciencia Regional. Alcalá de Henares, España.
- Humacata, L. (2011). Aplicación del análisis exploratorio de datos espaciales para la definición de espacios socio-habitacionales en la Provincia de Buenos Aires. *Anuario de la División Geografía* de la Universidad Nacional de Luján. Luján. Libro resúmenes: p. 54 + CD 26 páginas.
- INDEC. (2001, 2010). Censo Nacional de Hogares, Población y Vivienda. Buenos Aires. Argentina.
- Moreno Jiménez, A. (2005). *Sistemas y Análisis de la Información Geográfica*. Manual de autoaprendizaje con AcrGIS. Madrid: Ra-Ma, 895 pp
- Moreno Jiménez, A., Buzai, G. y Fuenzalida Díaz, M. (2012). *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales*. Ra-Ma editorial. Madrid.
- Ordóñez, C., Varela, M., y Reyes, A. (2011). Desarrollo de un SIG para el análisis de patrones. *GEO Focus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, pp. 1-18
- Pizarro, R. (2001) *La vulnerabilidad social y sus desafíos: una mirada desde América Latina*. Serie Estudios Estadísticos y Prospectivos. CEPAL
- Riverón, R. W., Rojo, I., González, P., (1999) Mortalidad por enfermedades respiratorias agudas en menores de 15 años en Cuba. *Rev Cub Hig Epidemiol*. 24(3):279-89.
- Silverman, V. W. (1986). *Density estimation for Statistics and Data Analysis*. New York: Chapman and Hall.
- Tiwari, N., Adhikari, C. M., Tewariand, A., Kandpal, V. (2006). Investigation of Geo- Spatial hot spot of the occurrence of the Tuberculosis in Almora District. *International Journal of Health Geographics*, 5(3).
- Voss, P., Curtis, K y otro. (2001) Explorations in Spatial Demography, <https://www.geoda.uiuc.edu/Members/admin/pdf/explorations-in-spatial-demography.pdf>

APLICACIONES A LA EDUCACIÓN



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.

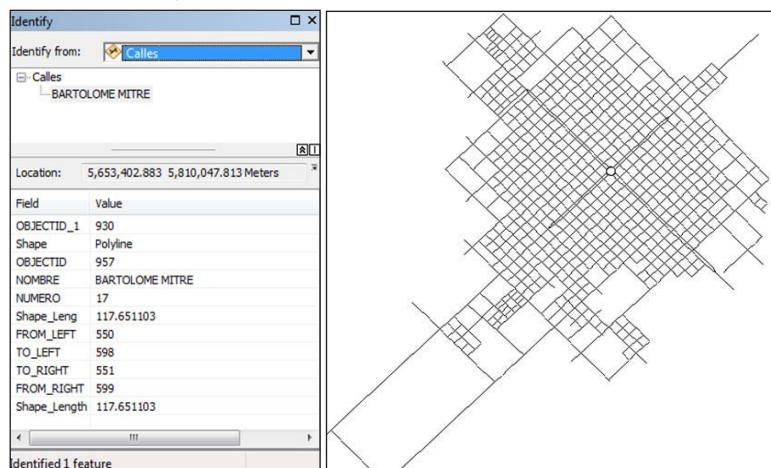
METODOLOGÍA

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).

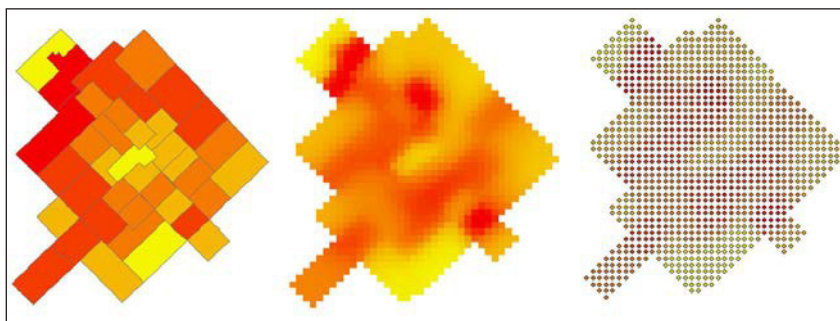
Este método permite desagregar espacialmente los datos de entrada almacenados en unidades discretas a partir de métodos geoestadísticos. Básicamente trabaja con cálculos de densidades que permiten llevar a una expresión continua la distribución de la población que se encuentra generalmente almacenada 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

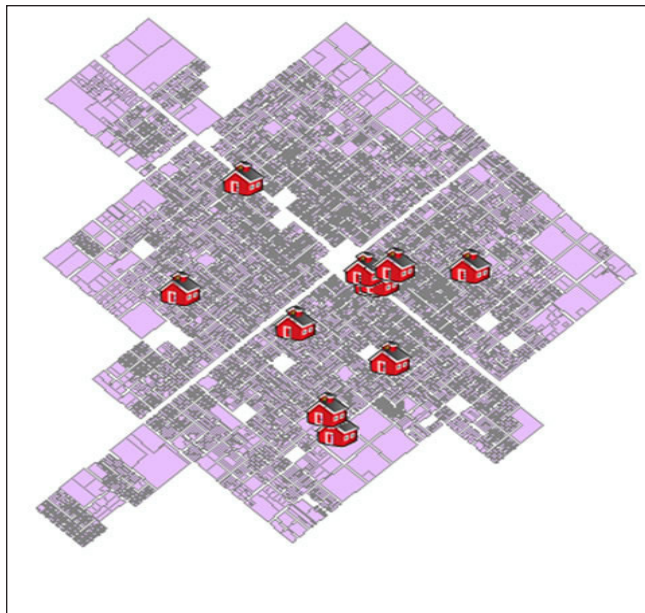
irregular de elección de la demanda a distancias extremas?

Figura 3. Sitios candidatos



Fuente: elaboración personal

Figura 4. Sitios requeridos



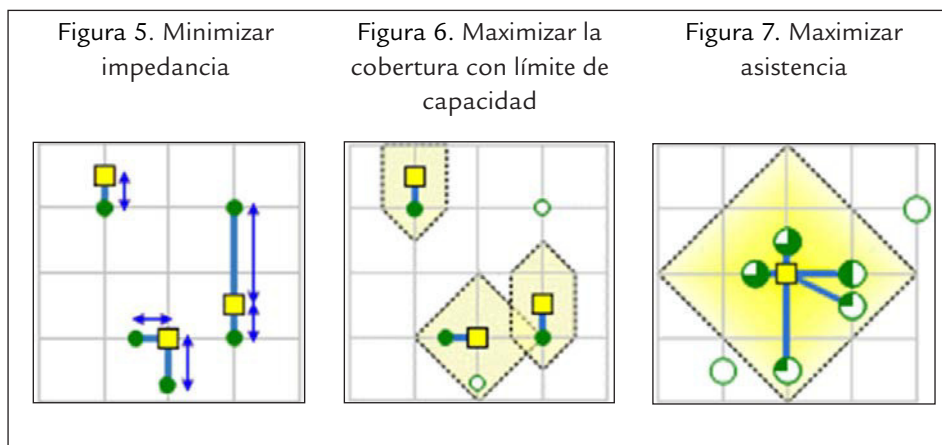
Fuente: elaboración personal

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.

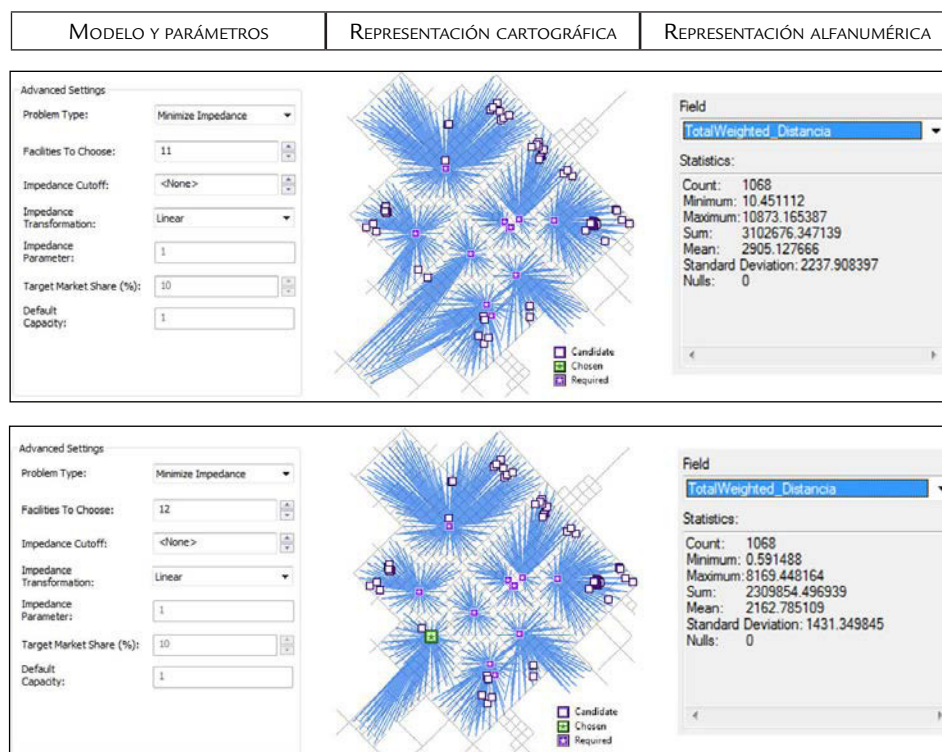
Centrándonos en estos indicadores es posible observar que al incorporar una nueva instalación (segundo caso), la suma de la distancia total disminuye alrededor de un 25% con respecto a la situación actual (primer caso), indicando de esa manera un aumento considerable de la eficiencia. De igual manera 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.

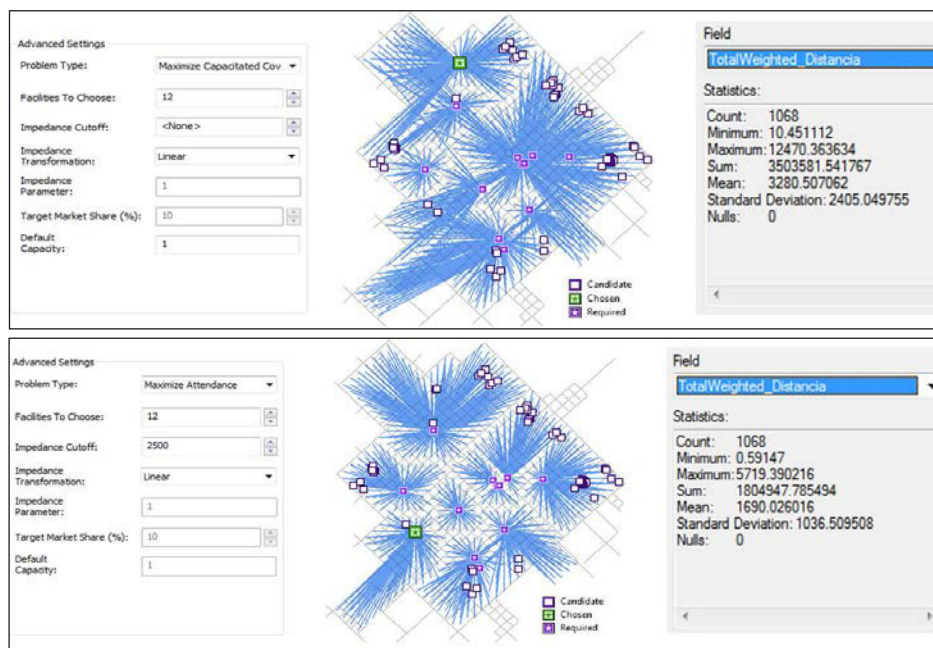
Con el objetivo de contemplar la capacidad real de admisión que posee cada establecimiento, se aplicó el modelo que maximiza la cobertura con límite de capacidad (tercer caso), el cual arrojó cambios sustanciales con respecto al resultado anterior. En principio la solución estaría localizada ahora al 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

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.

ACCESIBILIDAD A ESCUELAS PÚBLICAS APLICANDO MODELOS DE INTERACCIÓN ESPACIAL

— Juan Pablo Celemín —

LA INTERACCIÓN ESPACIAL COMO MODELO DE ACCESIBILIDAD

Existen en la literatura especializada una gran cantidad de experiencias documentadas donde se evalúan los desequilibrios espaciales con respecto a distintos tipos de equipamientos territoriales.

Entre los diferentes métodos que existen para estimar la accesibilidad a un lugar, se destacan los procedimientos de interacción espacial porque incluyen a la dimensión oferta como factor de atracción.

La teoría de la interacción espacial tiene como antecedente el principio de la gravitación comercial, elaborado por Reilly a principios de los años treinta. En su estudio pionero, el autor partía de poner en duda que los consumidores acudieran sistemáticamente a la unidad comercial que les resultaba más cercana (la que minimizaba sus costos de transporte), tal como se derivaba de los razonamientos de la teoría microeconómica y como lo recogería poco más tarde la teoría de lugar central. Apoyándose en los argumentos de Newton sobre la ley de la gravitación universal, Reilly propuso que la magnitud de los flujos de consumidores entre localidades, se relaciona positivamente con la población residente en cada localidad, y negativamente con el cuadrado de las distancias que las separa. Es decir, que las localidades más grandes y accesibles atraen más consumidores que los asentamientos pequeños y más alejados (Garrocho, 2003:227).

Estos modelos de gravitación se estiman a partir de datos empíricos, que se fundamentan en la dinámica compensatoria de dos variables: una variable “masa” o de atracción (que es la población de las localidades que se atraen), y otra variable “fricción” de retraimiento, es decir, la distancia o tiempo de viaje que separa cada punto intermedio del espacio de las dos localidades de atracción (Chasco, 1996).

La interacción considera la configuración de un espacio relacional en el cual las ubicaciones, distancias y flujos horizontales sobre el espacio geográfico resultan fundamentales. El concepto de accesibilidad se torna básico al intentar medir de forma completa la estructura del espacio geográfico a través de la funcionalidad. Ésta puede ser medida a partir de realizar diferentes cálculos sobre la red de circulación o mediante el empleo de modelos derivados de la física social, como las fórmulas del potencial de población. Asimismo,

engloba una diversidad de comportamientos humanos, que van desde las migraciones, los desplazamientos por motivos de trabajo o de compras y la elección de servicios sanitarios o de ocio. En todos estos casos, siempre el individuo sopesa de alguna manera el beneficio que la interacción le reporta (la compra de bienes en un establecimiento, por ejemplo), con los costes que se derivan necesariamente de la superación de la distancia espacial entre su lugar de origen y el posible destino. En consecuencia, la funcionalidad apelará a los flujos, fundamentalmente económicos, que determinarán la conformación de un núcleo regional y su respectivo *hinterland* (Valenzuela, 2006:129).

Las entidades ubicadas sobre la superficie terrestre, difícilmente puedan ser reclamadas como objetos exclusivos de estudio de disciplinas particulares, por lo tanto la cuestión central de cada campo de conocimiento es su enfoque, y el enfoque geográfico es espacial, las teorías y metodologías de la Geografía están destinadas al estudio de las localizaciones, distribuciones, asociaciones, interacciones y evoluciones espaciales (Buzai, 2007:43). Trabajos como los de Harvey y Hagget son ejemplos de cómo la Geografía Cuantitativa usa y desarrolla modelos de interacción espacial y del uso de métodos estadísticos. En estas simulaciones, el espacio se toma como un ente abstracto donde ocurren interacciones ideales, que son contrastadas con las interacciones espaciales que se dan entre los objetos del mundo real. La geometría se vuelve parte integral del lenguaje de la Geografía, ya que las direcciones, flujos y distancias son esenciales para la explicación y el modelamiento en la ciencia espacial.

Esta nueva concepción fue adoptada más fácilmente en la Geografía Física que en la Geografía Humana, ya que los fenómenos naturales estudiados por los geógrafos físicos se adaptan con mayor facilidad a la cuantificación que el estudio de fenómenos sociales, donde las variables antropogénicas son difíciles de cuantificar (Ghul, 2005:34).

Los cálculos de interacciones pueden dar como resultado un espacio dividido en mosaicos de áreas de influencia. Asimismo muchos procedimientos desarrollados en esta línea son utilizados para estudiar las relaciones entre puntos de oferta y demanda dentro de análisis de la cobertura espacial de servicios.

En este contexto, el mapa adquiere una importancia aún mayor, ya que no sólo es una herramienta descriptiva que presenta la distribución de los fenómenos de interés, sino que es también en la representación cartográfica donde las relaciones espaciales cuantificables (por ejemplo, distancias, direcciones, patrones, redes, etc.) están presentes, convirtiéndolo en una herramienta analítica muy poderosa para el geógrafo. La técnica básica es la generación de mapas de isolíneas, mapas cuantitativos que representan las variaciones espaciales de magnitud a través de líneas que unen puntos de igual valor. Con ellos es posible comparar las distribuciones espaciales de los objetos de estudio con

los modelos teóricos desarrollados y adaptados por la disciplina.

Cuanto mayor sea el grado de detalle estadístico, mayor será la precisión en la delimitación de las regiones, determinando grados de predominio de las variables seleccionadas (Valenzuela, 2005). De esta manera, los estudios geográficos mediante tecnologías digitales permiten, sin lugar a dudas, poner su atención en la organización espacial a través de la gestión y la planificación, e intenta abordarla con la finalidad de conseguir mayor eficiencia en sus funciones y llevar mayor equidad a sus habitantes (Buzai, 2007).

En definitiva, la perspectiva fundamental en cuanto al análisis de la interacción espacial en contextos regionales está relacionada a la consideración de tres dimensiones básicas: la población (o mediciones que sirvan para ponderar el *peso* relativo de las unidades espaciales), la distancia, y el tiempo de conexión entre ellas, donde los resultados exhiben fundamentalmente las formas y los patrones de distribución, expresados a través de distintas técnicas cartográficas.

Garrocho y Alanís (2006) establecen un modelo para medir la accesibilidad basado en la interacción espacial:

$$I_j = \sum \left(\frac{S_j}{O_{tot}} \right) C_{ij}^{-b}$$

Donde,

I_j =indicador de accesibilidad desde la oferta,

S_j =oferta del servicio en la unidad de servicio, es decir, la cantidad de aulas en dos turnos que dispone cada unidad educativa,

O_{tot} =población demandante del servicio en la zona de estudio. En este caso la población comprendida entre los 5 y 14 años,

b =fricción de la distancia que en este caso adquiere el valor de 0,4 tal como la utiliza Buzai (2006) para la localidad de Luján.

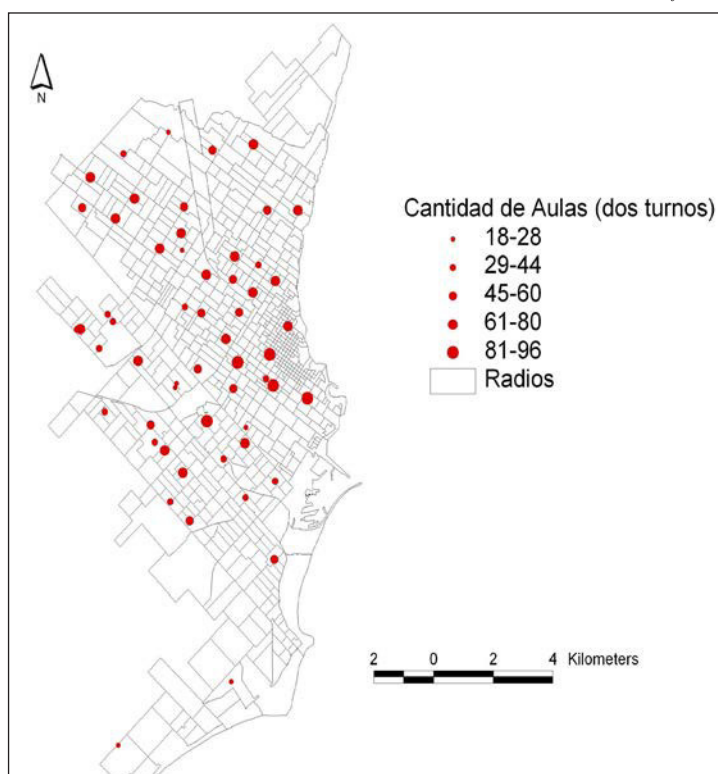
C_{ij} =costos de transporte entre el origen “i” (cada subzona residencial donde se localiza la población objetivo) y la unidad de servicio (destino) “j”. Es la distancia lineal entre el centroide de cada polígono (radio censal) y los establecimientos educativos. Existen 738 radios censales que están compuestos por, aproximadamente, 300 viviendas cada uno.

Inicialmente se seleccionaron las 55 escuelas públicas de gestión provincial (Figura 1) que se encuentran dentro del ejido de la localidad de Mar del Plata.

Las escuelas más antiguas, localizadas en sectores céntricos, poseen mayor disponibilidad de aulas. La situación inversa se observa a medida que las instituciones educativas son ubicadas en la periferia. Un simple recorrido visual por la infraestructura educativa actual permite distinguir entre las escuelas más

añejas, de grandes dimensiones y algunas con más de una planta, de las de construcciones más recientes que suelen ser más pequeñas y desarrollarse en su totalidad en un único piso.

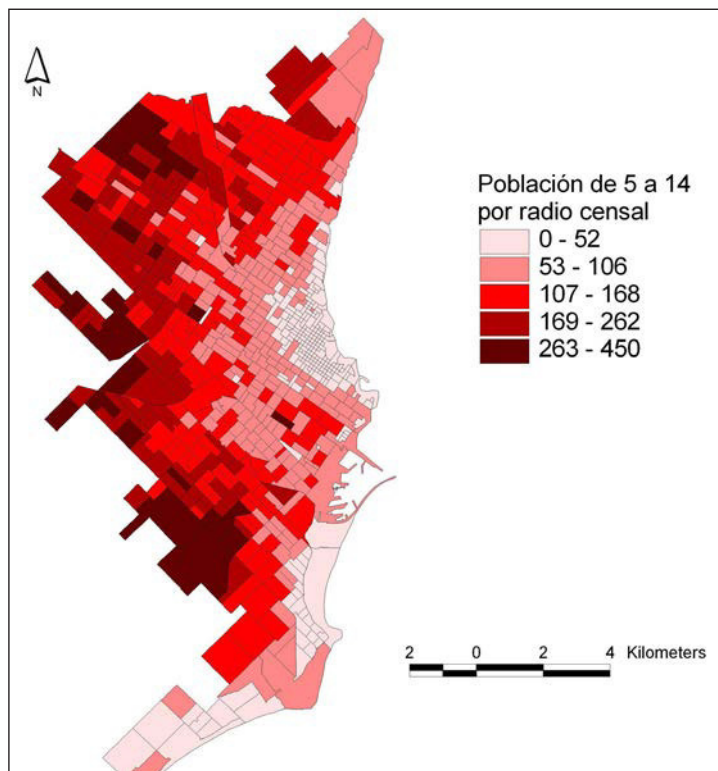
Figura 1. Cantidad de aulas en doble turno por escuela (S_j)



Fuente: elaboración personal

La Figura 2 muestra con claridad el recorrido descendente desde el centro hacia la periferia, de la población comprendida entre los 5 y 14 años de edad a escala de radio censal. En el centro predominan los habitantes considerados adultos mayores, mientras que la situación inversa se reconoce en los sectores de borde de la localidad. El progresivo envejecimiento demográfico que ha afectado a Mar del Plata en las últimas décadas ha posicionado a la localidad entre las más envejecidas de toda la República Argentina y América Latina.

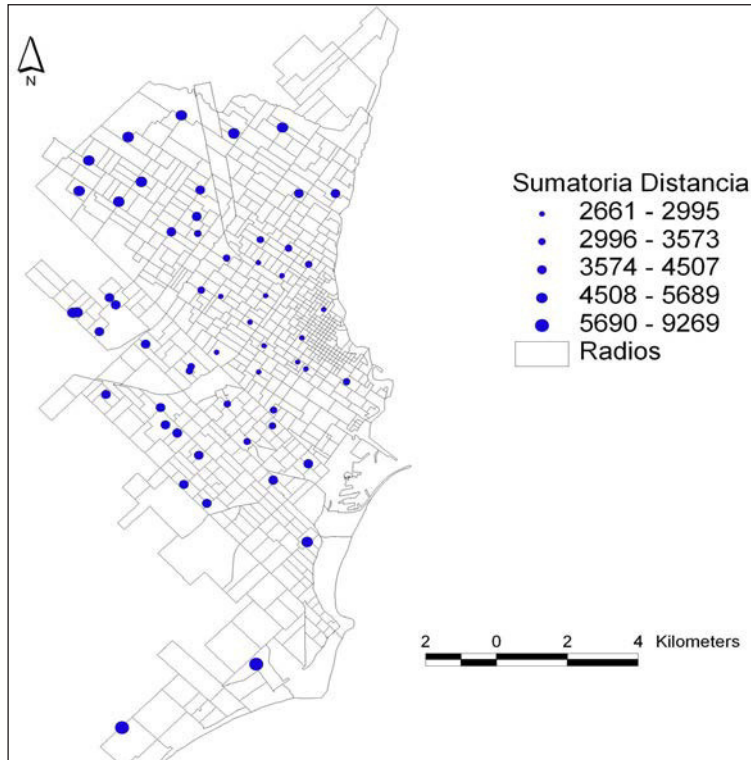
Figura 2. Cantidad de población entre 5 y 14 años por radio censal (*Otot*)



Fuente: elaboración personal

Como es esperable, las escuelas situadas en la periferia tienen mayor cantidad de kilómetros acumulados para alcanzar los centroides de todos los radios censales. En contraparte, las ubicadas en el centro cuentan con una localización privilegiada que les permite sumar menos distancia (Figura 3).

Figura 3. Sumatoria de la distancia lineal entre los establecimientos educativos y el centroide de cada radio censal. En miles de km. (C_{ij})



Fuente: elaboración personal

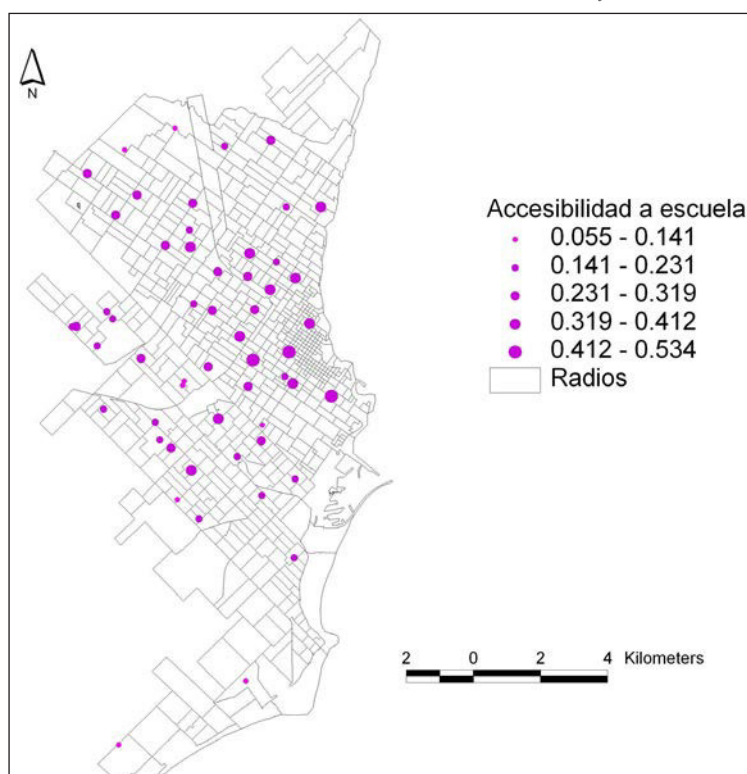
RESULTADOS

La aplicación del modelo en base a las variables comentadas con anterioridad permite reconocer como las escuelas céntricas son las más accesibles de toda la ciudad (Figura 4). Más allá de las valoraciones que se presentan en la leyenda, lo destacable del producto cartográfico es la proporcionalidad. Consiguientemente, a modo de ejemplo, una escuela representada con un círculo cinco veces más grande que otra es, también, cinco veces más accesible.

No obstante, las escuelas más accesibles se ubican en una zona con poca demanda, es decir que existe poca población entre 5 y 14 años en ese sector, pero cuentan con una infraestructura mayor a partir de la cantidad de aulas disponibles y la menor distancia desde los radios censales hasta cada una de ellas. La situación inversa se registra en la periferia donde abunda la población demandante, pero las escuelas son más pequeñas y las distancias mayores.

De esta manera quedaría demostrado como la distribución homogénea de las escuelas en toda la ciudad no necesariamente garantiza una buena accesibilidad. Por tanto, estas particularidades, junto con la estructura de la red de transporte público y las situaciones particulares de cada familia hacen que diariamente miles de niños y niñas deban trasladarse largas distancias para concurrir a establecimientos educativos.

Figura 4. Accesibilidad a las escuelas (I_j)



Fuente: elaboración personal

CONSIDERACIONES FINALES

Los cálculos de accesibilidad espacial, a través de variables que indiquen la interacción entre poblaciones de diferentes áreas en las que puede dividirse el espacio geográfico, ocupan un lugar preponderante en el análisis espacial del territorio. Existe en la actualidad una amplia valorización del análisis espacial cuantitativo aplicado al tema redes. Sean de transporte o de comunicaciones, cumplen un papel fundamental para la estructuración del espacio geográfico

y generan las condiciones de accesibilidad y conexión necesarias que permiten favorecer todo plan de acción para el desarrollo regional (Buzai, Baxendale, 2005:317).

En este caso queda claro como las escuelas más accesibles son aquellas que tiene menos demanda de su entorno inmediato. Así las instituciones educativas periféricas aparecen relegadas a pesar de estar situadas en lugares con mayor cantidad de alumnos. Asimismo, se plantea que una buena distribución de las escuelas (tal es el caso de la ciudad en cuestión), no necesariamente tiene correlación con la accesibilidad ya que otros factores, más complejos, también entran en consideración.

La aplicación de estos procedimientos, a pesar de su simpleza, se destacan en la planificación por su capacidad de prever escenarios de demanda de servicios futuros. No obstante, como todo modelo, son representaciones simplificadas de la realidad y pueden ser mejorados al incorporar otras variables (tal es el caso de la red de transporte) y aspectos cualitativos vinculados a las situaciones de cada familia, con sus respectivas movilizaciones, contexto social y económico, etc. Está en nuestra intención aplicarlos en futuros estudios e incorporar en el modelo a las escuelas municipales y privadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Buzai, G. (2007). Sistemas de Información Geográfica: aspectos conceptuales desde la teoría de la geografía. En: Buzai, G. (comp.). *Memorias XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Luján, Argentina, pp. 29-75.
- Buzai, G.; Baxendale, C. (2006). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Lugar editorial, Buenos Aires.
- Celemín, J. P. (2009). Interacción espacial en la Región Sanitaria VIII, Provincia de Buenos Aires (Argentina) en los años 1991, 2001 y 2010. *12do. Encuentro de Geógrafos de América Latina*. Organizado por la Universidad de la República del 3 al 7 de abril de 2009 en la ciudad de Montevideo, Uruguay.
- Chasco Irigoyen, C. (1996). Aplicación de los modelos de gravitación comercial para la determinación de áreas de mercado. *Revista Investigación y Marketing*. Madrid, España, 52:44-48.
- Garrocho, C. (2003). La teoría de interacción espacial como síntesis de las teorías de localización de actividades comerciales y de servicios. *Economía, Sociedad y Territorio*. Zinacantepec, México, 14:203-251.
- Garrocho, C. y Alanís, J. (2006). Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: fundamentos, diseño y aplicación. *Economía, Sociedad y Territorio*. Zinacantepec, México, 22:349-397.
- Gulh Corpas, A. (2005). La comisión corográfica y su lugar en la geografía

- moderna y contemporánea. En: Barona Becerra, G.; Gómez López, A.; Domínguez, A. (Org.). *Geografía Física y Política de la Confederación Granadina*. Universidad del Cauca. Colombia, pp. 27-41.
- Moreno Jiménez, A. (2003). Modelado y representación cartográfica de la competencia espacial entre establecimientos minoristas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. Madrid, España, 35:55-78.
- Sabuda, F. (2008). Diferenciación sociocultural de los hogares. Aportes para el análisis territorial de la vulnerabilidad educativa en el Partido de General Pueyrredon. *Territorio y calidad de vida, una mirada desde la geografía local*. Mar del Plata y Partido de General Pueyrredon. EUDEM, Mar del Plata.
- Sánchez Moral, S. (2004). El estudio econométrico de la concentración espacial de la industria: ejemplo de aplicación en Madrid, Toledo y Guadalajara. *Anales de Geografía*. Madrid, España, 24:207-227.
- Valenzuela, C. (2006). Contribuciones al análisis del concepto de escala como instrumento clave en el contexto multiparadigmático de la Geografía contemporánea. *Investigaciones Geográficas*. Boletín del Instituto de Geografía. México DF, 59:123-134.

APLICACIONES CATASTRALES



ACTUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA VALUACIÓN FISCAL DEL SUELO URBANO

— María Lorena La Macchia —

INTRODUCCIÓN

El catastro territorial multifinalitario constituye una herramienta para la gestión municipal, que permite integrar, vincular y manipular la información gráfica y alfanumérica asociada a bases de datos disponibles en las diferentes áreas ligadas a la administración pública (Piumetto, 2013). En este sentido, es central considerar cada uno de los aspectos que definen la estructura de un catastro multipropósito: el aspecto físico o geométrico, el jurídico y el económico.

Una de las mayores dificultades que se presentan en los organismos de la administración pública es la interrelación parcial entre las distintas áreas y dependencias municipales, ya que al carecer de una metodología de procesamiento clara y transparente, no contribuyen a mantener la integridad de los datos atentando con la información sistematizada (Miraglia, et al. 2015).

Como antecedentes en la temática, en el año 2012, se firmó un convenio entre el Centro de Investigaciones Geográficas (CIG) de la Facultad de Ciencias Humanas de la UNCPBA y el Municipio de Tandil, con el objetivo de digitalizar el catastro urbano de la ciudad y vincular la información alfanumérica y gráfica disponible de las distintas áreas y departamentos de competencia municipal. Para ello, se diagramaron tareas que estuvieron relacionadas con la conformación de una base de datos única integrada en la oficina de cómputos y la articulación con especialistas en ingeniería en sistemas para lograr vincular, a partir de un sistema de gestión de base datos relacional (Oracle), cada conjunto de atributos al parcelamiento de la ciudad.

Esta aplicación tiene como propósito analizar a partir de la digitalización del catastro urbano, los valores del suelo, provenientes de la Agencia de Recaudación de la Provincia de Buenos Aires (ARBA) para el año 2007 y compararlos con los valores referenciales del mercado de suelo en la actualidad.

Según la legislación vigente, en la ciudad de Tandil, los valores fiscales se rigen por lo que dispone ARBA en el marco regulatorio de las leyes 10.707 y 14.394, a diferencia de como ocurre en Rosario, Córdoba y algunos partidos de la provincia de Buenos Aires (por ejemplo, CABA, Pilar, La Matanza y Bahía Blanca), que poseen métodos de valuación propios¹. La fecha del último

¹ Para mayor información recurrir al artículo de Eleonora Scagiotti (2010) denominado “Los tributos prediales en los municipios argentinos: análisis a partir de la lectura de casos”. Presentado en el V Evento Regional CEATS. La Matanza.

revalúo para la ciudad fue en el año 2007.

El objetivo de este trabajo consiste en establecer y dilucidar las disparidades existentes en los valores de los inmuebles, teniendo en cuenta los datos de valuación disponibles desde ARBA y los valores referenciales del suelo, según el mercado inmobiliario. Los resultados permitirán generar políticas, propuestas y métodos de valuación masiva, que hagan énfasis en la actualización de los valores de los inmuebles, no sólo considerando lotes baldíos, sino también teniendo en cuenta el valor de las accesiones (contribución por mejoras o TCM, servicios colectivos básicos, accesibilidad, entre otros) y de esta manera, contribuir a una equitativa y mejor gestión del suelo urbano.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este trabajo, se partió de la digitalización y edición vectorial de la cartografía de la ciudad de Tandil junto a la integración de las bases de datos disponibles en las distintas áreas de la Municipalidad. A partir de la creación de un código único parcelario determinado mediante la unión de la nomenclatura catastral de cada polígono, se logró estandarizar cada entidad con sus atributos. Este objetivo se llevó a cabo mediante la construcción de una base de datos relacional integrando bases de datos Oracle y PostgreSQL. La tarea de edición y actualización de la cartografía digital se realizó mediante el programa QuantumGIS, tarea que se realiza cada vez que se efectúan cambios o subdivisiones en los registros parcelarios.

Por último, el procesamiento, análisis espacial y la producción de mapas temáticos se ejecutaron desde el programa ArcGIS 10.2 según los propósitos perseguidos en cada una de las áreas de la administración pública intervinientes.

La unidad de análisis seleccionada en el desarrollo de este trabajo fue el lote baldío, ya que los datos referidos a los inmuebles edificados requieren un estudio más complejo al considerar el costo de sus valuaciones, no sólo por el lote en sí mismo, sino también, por las variables que integran el valor de su valuación final, como las accesiones determinadas por las mejoras, la inversión en servicios y las variables de accesibilidad espacial.

Es necesario destacar, que en la municipalidad los impuestos tributarios son mayores para los lotes baldíos que para los inmuebles edificados (Ord. Fiscal 14.445, 2015), mientras que para ARBA sucede lo contrario, es decir, tributa más el edificado que el baldío por considerar que este último posee un uso inmovilizado o subutilizado del suelo (Ley 14.394).

A partir de lo expuesto, primeramente, se cruzó la información con Rentas para poder mapear las parcelas baldías y edificadas. A partir de la extracción de los baldíos y teniendo el insumo de las valuaciones de ARBA, se confeccio-

naron mapas temáticos referidos a los valores de los inmuebles respecto al año 2007, considerando distintas zonas de la ciudad.

En segundo lugar, se realizó una búsqueda de valores del suelo según el mercado inmobiliario para las zonas seleccionadas y de esta manera, poder observar las disparidades respecto a los datos disponibles.

Las zonas seleccionadas coinciden con zonas de gran dinamismo del mercado inmobiliario en la ciudad, como la zona este y la zona sureste.

PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

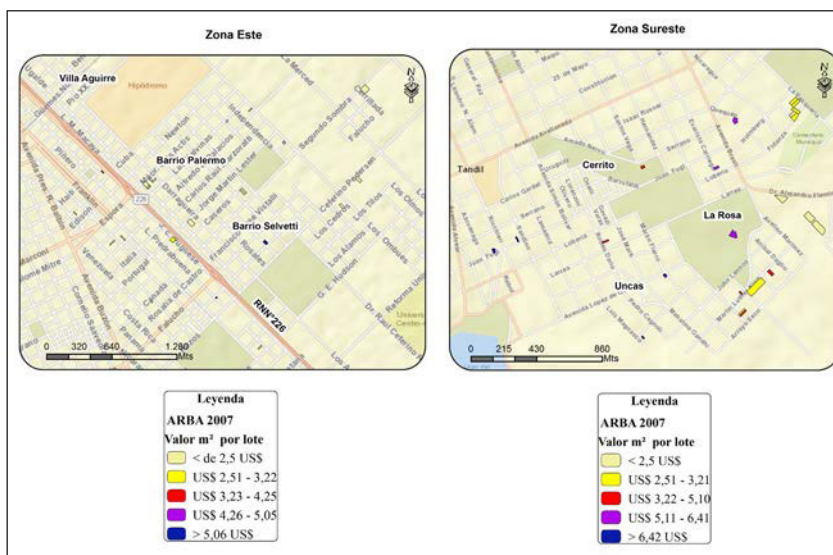
A partir del cruce de la información disponible de Rentas y ARBA, se confeccionaron los siguientes mapas temáticos para las dos zonas seleccionadas.

El Mapa 1 muestra la distribución de los valores en los precios de los inmuebles por metro cuadrado para el año 2007 según las zonas de análisis.

En la zona este se observa que un 80% de los lotes seleccionados poseen un valor fiscal por m² de medio a bajo, que oscila entre US\$ 2,5 a US\$ 3,22.

Si observamos los valores de los lotes para la zona sureste, la distribución de los costos de los lotes por metro cuadrado son más elevados, aunque con mayores diferencias dentro del área que comprenden. En este caso, se observa que la mayoría de los lotes se encuentran situados en los últimos tres rangos, desde US\$ 3,22 a más de US\$ 6,42 por metro cuadrado de superficie.

Mapa 1. Valores fiscales de lotes baldíos, 2007



Fuente: elaboración personal

En el Mapa 2 podemos visualizar los valores de los lotes por metro cuadrado para ambas zonas, resultado del relevamiento de inmuebles para el mercado de suelo actual.

Aquí se comienza a corroborar la hipótesis de trabajo, es decir, la existencia de disparidades entre el valor de referencia según el mercado inmobiliario y lo estipulado en la valuación fiscal según ARBA, ya que se evidencia un incremento sustantivo en todos los valores por metro cuadrado dentro del área de estudio entre 2007 y 2015.

En la zona este, hacia el sur del corredor de ruta, los valores son más elevados, alcanzando el rango de los US\$ 192,10 a los US\$ 251,88. En el resto de los lotes, los valores se encuentran entre los US\$ 12,76 a los US\$ 72,54 por metro cuadrado.

Si consideramos la zona sureste, en general, los valores son más elevados con respecto a la zona norte. La mayoría de los lotes localizados sobre la zona céntrica y residencial se ubican en el rango correspondiente a valores por metro cuadrado mayores a US\$ 300,01. Este resultado se asocia por responder a zonas de gran accesibilidad y equipamiento, demandada por estratos sociales con mayores recursos y poder adquisitivo, junto a la calidad ambiental y paisajística derivada de la cercanía a espacios verdes, recreativos y al piedemonte serrano. Luego, los costos disminuyen hacia el extremo norte y este con valores situados entre los US\$ 47,67 y 70,97 y los US\$ 70,98 y 101,01.

Mapa 2. Valores referenciales del mercado, 2015



Fuente: elaboración personal

Si bien estos mapas permiten demostrar la desactualización de los valores fiscales de los inmuebles respecto al mercado de suelo actual, es necesario destacar que la zona norte en general, no permite recuperar el costo de los impuestos tributarios municipales, debido no sólo al nivel socioeconómico de los estratos sociales, sino también a las dificultades de acceso a la vivienda, la accesibilidad a los servicios y el equipamiento urbano en general.

El Mapa 3 refleja la brecha entre los valores según ARBA 2007 y los valores referenciales del mercado de suelo en 2015. Este resultado intenta demostrar el desfase por cada lote entre lo que se tributa y lo que se cotiza en dólares (US\$) por unidad de superficie.

Mapa 3. Disparidades en los valores del suelo 2007-2015
(Incremento en US\$ por m²)



Fuente: elaboración personal

En la zona este, la disparidad más importante se observa en los lotes localizados hacia el sur de la Ruta Nacional N° 226, en donde la diferencia oscila entre US\$ 118,79 a más de US\$ 171 el metro cuadrado. Esta diferencia por metro cuadrado disminuye a medida que nos alejamos hacia los márgenes de la urbanización.

Analizando la zona del sureste, la disparidad de los valores con respecto al año 2007 resultan ser más importantes. Las mayores diferencias se registran entre los US\$ 220,80 a más de US\$ 353 por metro cuadrado, disminuyendo su incremento hacia el extremo norte con aumentos situados entre los US\$ 45,10 a los US\$ 102.

El análisis de cada uno de los mapas permite afirmar las disparidades existentes entre los valores de valuación para el año 2007 y los resultados del relevamiento del mercado de tierras. Ello genera la importante necesidad de aplicar un método de revalúo para la ciudad de Tandil que se ajuste a la realidad y contexto económico en el marco de las políticas de gestión y planificación del suelo urbano.

CONCLUSIONES Y REPLICABILIDAD

Los resultados obtenidos constituyen un primer análisis para ahondar en la construcción de un método de revalúo para la ciudad de Tandil. Este objetivo, requiere de un trabajo conjunto entre un equipo interdisciplinario y los agentes tomadores de decisión municipal, cuyo fin, debe contribuir a una planificación coherente y a una gestión del suelo urbano en base a criterios de equidad tributaria y justicia espacial.

Cabe destacar la importancia de los logros obtenidos a partir del convenio desarrollado entre el Centro de Investigaciones Geográficas y la Municipalidad de Tandil en la construcción de un catastro urbano multipropósito que favorezca la toma de decisiones en el marco de la gestión de políticas públicas.

Hoy día, la ciudad de Tandil no cuenta con un método de valuación propio y es central poder contar con una actualización de los valores del mercado del suelo permitiendo generar mayores inversiones y mejoras en la ciudad, con el objetivo de favorecer la regulación y la equidad en el acceso a la tenencia de la tierra.

Si bien este trabajo consideró la distribución de los lotes baldíos en distintas zonas de la ciudad, el método de valuación fiscal se calcula para ambos lotes, baldíos y edificados, teniendo en cuenta el valor de las accesiones de las parcelas, el TCM, el tipo y uso de suelo según el Plan de Desarrollo Territorial, como así también, mejoras que contribuyen a la accesibilidad espacial en el territorio, por ejemplo, las extensiones de las redes de servicios colectivos básicos, la cercanía al centro, la disponibilidad de espacios verdes, la pertenencia al área urbana o complementaria de la ciudad, entre otras.

Finalmente, podemos concluir que el catastro multifinalitario implica un cambio de paradigma tanto en su administración como en su implementación, y exige nuevas relaciones entre los sectores público y privado. Es una herramienta que debe constituir un proyecto a mediano plazo para todos los municipios, ya que posibilita, por un lado, el acceso, utilización y manejo de la información disponible en un sistema de información catastral para todas las áreas de la administración pública y por otro, la vinculación y transferencia permanente para trabajar en planificación urbana y regional.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Rentas y Finanzas, dependiente de la Secretaría de Economía y Administración y al Área de Catastro Económico de la Municipalidad de Tandil por el acceso a las bases de datos de valuación fiscal de la Agencia de Recaudación de la provincia de Buenos Aires (ARBA) y el trabajo conjunto en el proceso de construcción de un catastro multipropósito para la ciudad de Tandil.

BIBLIOGRAFÍA

- Arazi, M. (2012). La tributación diferenciada del suelo urbano como herramienta para el desarrollo: Aplicación al caso de Córdoba, Argentina. 45° *Jornadas Internacionales de Finanzas Públicas*. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Córdoba.
- Ciampagna, J. (2001). *Sistemas de Información Geográfica. Una herramienta para la administración del Estado*. GDSIG-Grupo para el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica. Ciampagna & Asociados S.A.
- Miraglia, M.; Caloni, N.; Di Franco, L.; De Vito, J.; Rivarola, M.; Natale, D.; Spina, V.; Juárez, A.; De Luca, V. (2015). Las Tecnologías de la Información Geográfica aplicados a la modernización del catastro municipal. *XV Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. 9, 10 y 11 de Septiembre de 2015. Valparaíso, Chile, <http://www.xvconfibsig.cl/>
- Piumettp, M. (2011), Catastros municipales ¿Oportunidades o dolores de cabeza para las ciudades?. *II Congreso Nacional de Administración de Tierras y Agrimensura*, Guatemala.
- Piumetto, M.; Erba, D. (2013). Catastro Territorial Multifinlatario. La estructura que IDERA necesita. *VIII Jornadas IDERA*. Organizado por la Infraestructura de datos espaciales de la República Argentina, el 7 y 8 de Noviembre de 2013, Bariloche.
- Scagliotti, E. (2010). Los tributos prediales en los municipios argentinos: análisis a partir de la lectura de casos. *V Evento Regional CEATS*. Organizado por el Centro de Administraciones Tributarias Subnacionales. La Matanza.

SITIOS WEB DE CONSULTA

- Marco Legal, Ley de Catastro 10.707, <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-10707.html>
- Ley 14.394, <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-14394.html>
- Ordenanza Impositiva (14.446), <http://www.tandil.gov.ar/boficial/pdf/14446OrdImpositiva.pdf>

María Lorena La Macchia

y Fiscal (14.445) de la ciudad de Tandil, <http://www.tandil.gov.ar/boficial/pdf/14445OrdFiscal.pdf>
Valores inmobiliarios de referencia (VIR), http://www.casasdehoy.com.ar/pro-pvalor_en_tandil.php

DIAGNÓSTICO Y REGULARIZACIÓN DEL USO DEL SUELO COMERCIAL

— María Lorena La Macchia —

INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información Geográfica constituyen una herramienta central en planificación urbana y gestión municipal. La importancia de poder integrar en un SIG la información cartográfica vinculada a su componente temático como por ejemplo, su dimensión jurídica, económica y social, permite agilizar y ayudar a la toma de decisiones de distintos actores, como así también proponer políticas a mediano plazo y de gran alcance espacial. Es por ello que el aporte que ofrecen los SIG en la administración pública, tanto en materia de planificación como de gestión territorial, es central a la hora de actualizar y vincular información georreferenciada (Buzai y Baxendale, 2010).

Siguiendo esta línea, la relación entre la Geografía y los SIG le dan sustento a una Geografía Aplicada que permite encontrar soluciones a problemas vinculados a la ordenación del territorio, utilizando como escala de análisis, la dimensión espacial (Buzai y Baxendale, 2011).

En este trabajo, la demanda surgió en la regularización y gestión del uso de suelo comercial de la ciudad de Tandil, a partir de la realización del relevamiento de actividades económicas llevado a cabo durante el año 2014 por la Dirección de Ingresos Públicos de la Municipalidad de Tandil.

Se puede afirmar que actualmente la forma de inserción del uso comercial en el tejido urbano es menos armónica y más desequilibrada, primando diversos intereses y asistiendo a las demandas del mercado empresarial, más que al mercado tradicional minorista (Moreno Giménez, 1992).

El objetivo de este relevamiento consistió en detectar las irregularidades que presentan los comercios de la ciudad, como la falta de habilitación o deudas de Tasa Unificada de Actividades Económicas (TUAE). Los resultados se utilizaron para corroborar los datos registrados en el sistema de habilitaciones, corregir y completar datos faltantes y, de esta manera, controlar el cumplimiento de las normas comerciales tributarias y de habilitación municipal.

De esta manera, los SIG permitieron, por un lado, poder distribuir el número de formularios en función de la cantidad del personal capacitado y, por otro, colaborar en la confección de la cartografía temática con el objetivo de analizar los resultados preliminares teniendo en cuenta la regularización del uso de suelo comercial.

METODOLOGÍA

El relevamiento de actividades económicas se llevó a cabo en varias etapas como muestra el Mapa 1. La primera, estuvo definida por la zona del microcentro de la ciudad y la segunda, localizada sobre el área central. La tercera etapa sobre la zona Subcentro en Corredor y, por último, una última etapa considerando el resto de la Circunscripción I de la ciudad.

Mapa 1. Zonas de relevamiento comercial, 2014



Fuente: elaboración Personal

Considerando los aspectos metodológicos, en primer lugar, se confeccionaron las bases de datos correspondientes para atribuir la información obtenida por el relevamiento. En segundo lugar, se geocodificaron las direcciones comerciales obteniendo un total de 5.183 comercios como resultado en todas las etapas. En tercer lugar, se seleccionaron las variables a mapear en este trabajo a partir de la confección de cartografía temática y distintos tipos de consultas por atributos:

· *Tipología de formularios comerciales:*

Los formularios **A** están definidos por aquellos comercios que se encuentran sin deuda y poseen la documentación solicitada en el momento del relevamiento (certificado de habilitación, constancia de inscripción a la AFIP y certificado de domicilio de ARBA).

Los formularios **B** están enmarcados por aquellos comercios que poseen deuda de Tasa Unificada de Actividades Económicas (TUAE) y se encuentran intimados con el objetivo de poder regularizar su situación.

Los formularios **C** se suscriben a comercios que no poseen habilitación y que no se encuentran registrados en la TUAE.

· *Año de Inicio de Actividad Comercial:*

Esta variable permite considerar la apertura del comercio y la cantidad de años en que se mantuvo en actividad.

· *Comercios con Actividad Económica y comercios Sin Actividad Económica:*

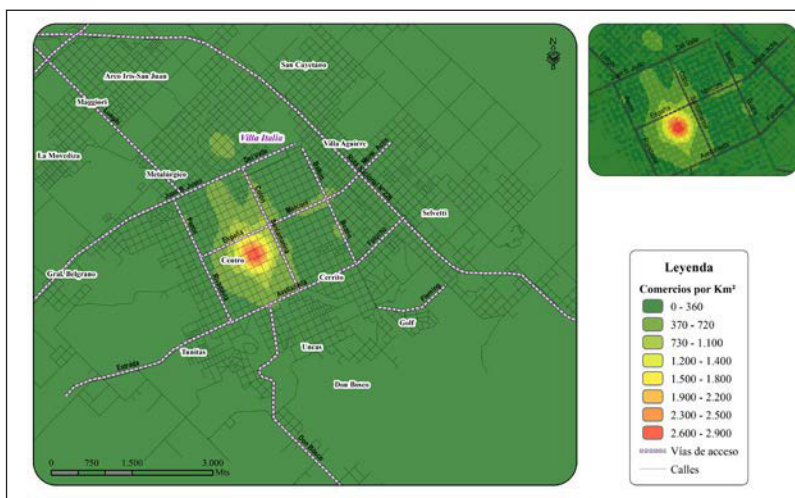
En este caso se detectaron comercios con actividad económica que pueden corresponder a distinta tipología (A, B y C), como así también aquellos comercios sin actividad económica. Asimismo, se pueden discriminar comercios que cesaron su actividad en algún momento y no realizaron los trámites de desligamiento de la TUAE.

PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

A partir de la geocodificación de las direcciones comerciales resultaron relevados 5.183 comercios en el área urbana y complementaria de la ciudad.

En el Mapa 2, podemos observar la distribución espacial de los comercios relevados en la ciudad. La mayor densidad comercial se localiza sobre la zona del microcentro y el área central localizada dentro de las cuatro avenidas. Se evidencia un aumento de la actividad sobre el acceso y zona de Villa Italia y sobre los ejes de la Ruta Nacional N° 226.

Mapa 2. Comercios censados. Año 2014



Fuente: elaboración personal

Se observa gran cantidad de comercios minoristas y pequeños almacenes

que aumentaron en los últimos años hacia los ejes de expansión urbana, ya que permiten por un lado, articular y conectar barrios bajo criterios de proximidad, pero también poseen la desventaja de competir con grandes cadenas de distribución y consumo como los supermercados e hipermercados.

De esta manera ocurre la misma situación con el centro comercial localizado en la zona del microcentro y el de la zona de Villa Italia. Debido al costo de desplazamiento, proximidad y atracción, se han construido jerarquías comerciales a partir de las cuales se basan los principios de localización (Moreno Giménez, 1992:153).

Considerando el año de inicio de actividad comercial según los distintos períodos, la Tabla 1 establece una tendencia en aumento del número de locales comerciales.

Si bien no se dispone del dato para 647 comercios de los 4.323 locales encuestados, se evidencia un total de 67 comercios para el período 1938-1964 y concentrando 2.257 locales en actividad para el último período 2002-2013.

Tabla 1. Cantidad de comercios según período de apertura comercial

PERÍODO	Nº COMERCIOS
1938-1964	67
1965-1977	186
1978-1989	338
1990-2001	828
2002-2013	2257
NO CONTESTA (S/D)	647
TOTAL	4323 ^(*)

(*) Este total corresponde al número de comercios en actividad en la actualidad, según el relevamiento del año 2014.

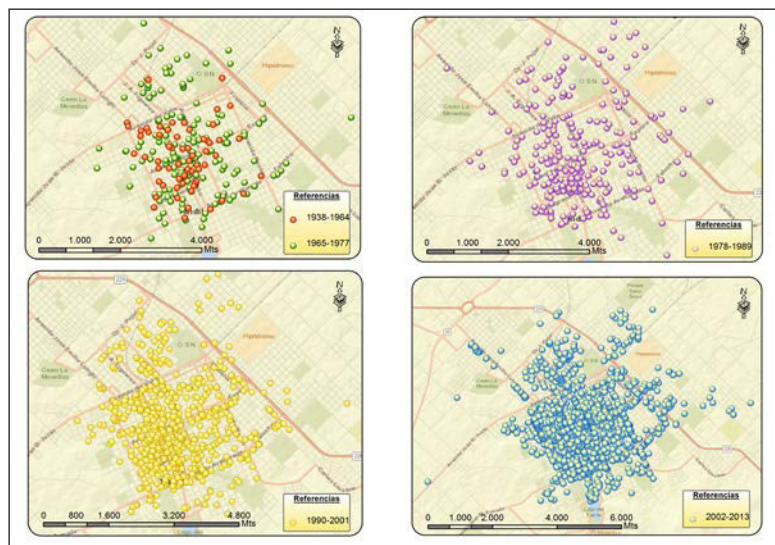
Fuente: elaboración personal. Base de datos, 2014

El Mapa 3 refleja la actividad comercial teniendo en cuenta distintos cortes temporales. En el período entre 1938 y 1977 ha aumentado de 67 a 186 locales. El mayor número de comercios en actividad se afianza en el período 2002-2013, aumentando considerablemente año a año. Cabe destacar que un gran número de locales han cesado su actividad, y muchos otros habilitaron rubros que incluyen distintas actividades comerciales.

Este resultado indica un patrón espacial que, por un lado, evidencia un mayor número de actividades vinculadas a la recreación y el esparcimiento en quintas, como así también, complejos hoteleros como cabañas y hoteles

para el consumo del turismo de masas y las clases más adineradas en la zona noreste y sur de la ciudad y, por otro, el establecimiento de pequeños almacenes que incluyen algunos rubros como kioscos, rotiserías y minimercados, en las zonas de expansión urbana hacia el eje norte, noroeste y noreste del área urbana.

Mapa 3. Comercios en actividad según período de apertura comercial



Fuente: elaboración personal

Teniendo en cuenta la tipología de los comercios relevados, a partir de los resultados arrojados en la Tabla 2, se puede evidenciar que del total de comercios encuestados (5.183), un 46,6% fueron registrados en formularios B, un 42,9% correspondieron a formularios A y el 10,5% restante a formularios C.

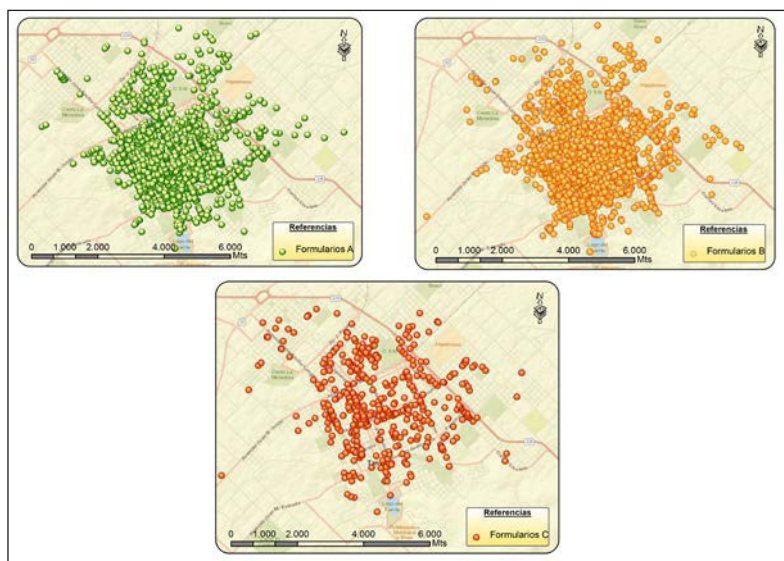
Tabla 2. Tipología de formularios según comercios. Año 2014

FORMULARIO	COMERCIOS
A	2219
B	2418
C	546
Total	5183

Fuente: elaboración personal. Base de datos, 2014

El Mapa 4 refleja la información recabada por la base de datos de las encuestas. Los comercios con deuda (formularios B) son los que representan una mayor densidad. Esto ocurre debido a incumplimientos y moras en el pago de la TUAE o atrasos en moratorias ya efectuadas, como así también a los locales con certificados de habilitación temporaria vencidos.

Mapa 4. Tipología de formularios A-B-C



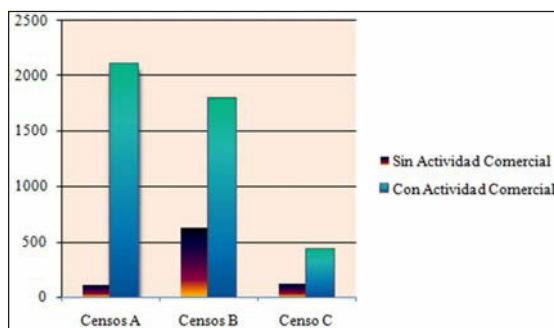
Fuente: elaboración personal

En muchos casos, los dueños de los comercios han demostrado su cumplimiento en los pagos mediante el comprobante del mismo, y muchos otros han aceptado el plan de pago ofrecido por el agente municipal.

Es necesario destacar que más del 50% de los comercios que fueron relevados como formularios C, se localizan dentro del área central de la ciudad y responden a locales que no completaron el trámite de habilitación reglamentaria correspondiente. Por un lado, se debe a locales relativamente nuevos que se encuentran con trámites de inscripción y muchos otros que cerraron en muy poco tiempo. Los restantes se ubican sobre el segundo centro comercial correspondiente a la zona de Villa Italia y el eje ubicado sobre las inmediaciones de la Ruta Nacional N° 226.

Por último, si consideráramos los comercios que durante el momento del relevamiento poseían actividad comercial según el registro del sistema de habilitaciones y los locales que durante el mismo cesaron, podemos observar la Figura 1 que se muestra a continuación:

Figura 1. Tipología de formularios según comercios cesantes y en actividad, 2014



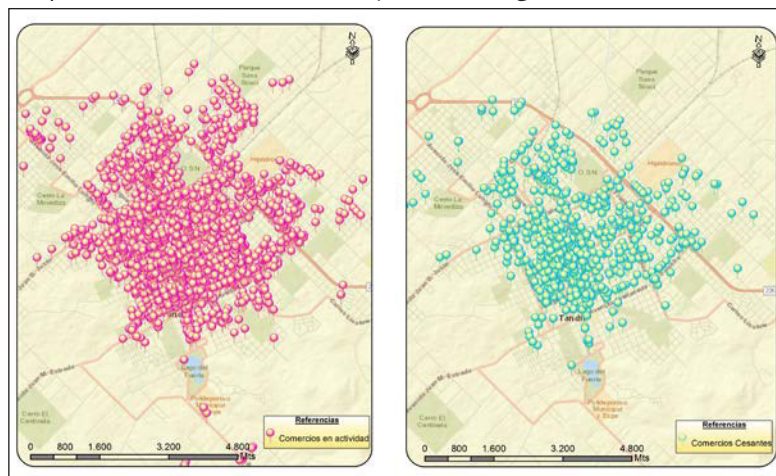
Fuente: elaboración personal

Del gráfico anterior resulta que un total de 860 comercios cesaron su actividad, mientras que 4.323 comercios siguen trabajando. Del total de comercios que cerraron, el 14% respondían a formularios A (sin deuda), el 73% a formularios B (con deuda) y el 13% a formularios C (no inscritos en el sistema de habilitaciones).

Teniendo en cuenta el total de comercios que continúan en actividad, el 49% correspondían a formularios A, el 41,2% resultaron ser formularios B y el 9,8% restante a formularios C.

El Mapa 5 permite visualizar, junto al Gráfico 1, la gran densidad de comercios en actividad, más allá que un 41,2% de ellos se encuentran en situación de mora y deuda respecto al pago de la TUAE.

Mapa 5. Comercios en actividad y cesantes según relevamiento, 2014



Fuente: elaboración personal

Los comercios que coincidieron con formularios C, comenzaron a desempeñar su actividad durante los años 2013 y 2014, con una habilitación de tipo temporaria, por lo cual se encuentran en proceso de inscripción para culminar su trámite de habilitación para que la misma sea permanente.

Sin embrago, para el caso de los comercios que cesaron su actividad, un 73% respondió a formularios de tipo B, por lo que su situación desencadenó en el cierre definitivo del local. Respecto a los comercios bajo formularios C, no pudieron lograr consolidarse teniendo en cuenta el contexto y su situación económica.

CONCLUSIONES Y REPLICABILIDAD

A partir del análisis de los resultados obtenidos, se puede afirmar que las Tecnologías de la información Geográfica significaron un gran aporte para realizar un diagnóstico de la actividad económica en la ciudad de Tandil y regularizar el uso mediante su relevamiento. Además permitió actualizar la información disponible en el sistema de habilitaciones municipal como así también corroborar y resolver las inconsistencias de lo registrado hasta la actualidad.

Asimismo fue interesante poder cotejar los comercios inscriptos, aquellos que debían regularizar su situación respecto al pago de la TUAE y poder incorporar los locales que no se encontraban registrados en el sistema de habilitaciones.

La posibilidad que otorga la geocodificación y actualización del uso comercial en la ciudad, resulta de gran utilidad para la planificación y gestión urbana, permitiendo verificar la distribución del uso propiamente dicho, respecto a su localización según las zonas del Plan de Desarrollo Territorial (PDT) con el objetivo de garantizar el cumplimiento efectivo de la normativa vigente.

Un análisis discriminado a partir de los rubros comerciales sería de gran importancia, ya que, en general, los rubros no reflejan una descripción de la actividad económica que desarrollan. De esta manera, sería posible detectar anomalías e irregularidades en cada rama de actividad debido a que existen comercios que pueden compartir distintos rubros, pero que no permiten describir la actividad económica y comercial de manera unificada en cada uno de ellos.

Siguiendo lo expuesto, durante el año 2014, se desarrolló un taller en el marco del Plan Estratégico de Comercio de Tandil (PECOT) organizado por la Cámara Empresaria y diferentes actores sociales. En el encuentro se establecieron un total de 31 rubros específicos que permitirán, en el mediano plazo, poder discriminar cada actividad económica. En este sentido, se podrá integrar los rubros que comprende cada uno de los locales comerciales logrando una articulación entre la rama de actividad del comercio, sus rubros y su loca-

lización dentro de las zonas establecidas por el PDT, lo cual, determinarán, en última instancia, el tipo de tributo municipal.

Finalmente la gran aplicabilidad de los SIG permitirá brindar soluciones espaciales en distintas áreas del ordenamiento territorial que se traducirán en propuestas y políticas en pos de mejorar el uso, gestión y planificación urbana de la ciudad.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Ingresos Públicos, especialmente a su Director, el Dr. Bernardo Bruni, perteneciente a la Secretaría de Economía y Administración de la Municipalidad de Tandil, por facilitar las bases de datos preliminares del relevamiento comercial de actividades económicas, llevado a cabo en el año 2014 y por la disponibilidad y predisposición en el análisis de los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Buzai, G.; Baxendale, C. (2010). *Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica. Aportes de la Geografía para la elaboración del diagnóstico en el Ordenamiento Territorial. Actas I Congreso Internacional sobre Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica*. Obras Colectivas 24. Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá. (Versión CD).
- Buzai, G.; Baxendale, C. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- Ciampagna, J. (2001). *Sistemas de Información Geográfica. Una herramienta para la administración del Estado*. GDSIG-Grupo para el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica. Ciampagna & Asociados S.A.
- Moreno Giménez, A.; Escolano Utrilla, S. (1992). *El comercio y los servicios para la producción y el consumo*. Ed. Síntesis, S.A. 1º Edición. 240 pp.

SITIO WEB

- Plan Estratégico de Comercio en Tandil (PECOT) <http://www.camaraempresaria.org.ar>
- Normativa vigente TUAE <http://www.tandil.gov.ar/rentas/normativavigente.php>

APLICACIONES A OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS



EVALUACIÓN DEL CONSUMO Y SUMINISTRO DE AGUA CORRIENTE

— Inés Rosso —

INTRODUCCIÓN

La detección de patrones y anomalías en la distribución y acceso a cualquier tipo de servicio público, se constituye en una importante herramienta para la planificación y gestión gubernamental. El análisis espacial de datos otorga la posibilidad de contribuir a precisos diagnósticos, debeladores de situaciones que de otro modo son difíciles o imposibles de detectar, convirtiendo en explícito lo que está implícito, y transformando datos en información útil (Longley et al, 2013).

La aplicación que aquí se presenta surge con el objetivo de detectar zonas de consumo excesivo de agua potable, a fin de analizar la necesidad de crear estrategias de sensibilización focalizadas para el consumo responsable desde la gestión municipal. Recuperando trabajos previos, podría tratarse en principio de un análisis exploratorio de datos espaciales, en tanto se realizan primeras aproximaciones al estudio de la estructura de una base de datos con información socio-espacial. Sin embargo, la combinación de diversas fuentes de información de donde provienen los datos analizados, constituye la particularidad que potencia la posibilidad de obtención de insumos valiosos para el análisis espacial y la planificación y gestión territorial.

Entre los aportes de trabajos consultados, se destaca una amplia variedad de técnicas posibles que incluyen el análisis del comportamiento de variables aisladas (univariado), como las medidas de centralidad, dispersión y distribución que propone Bosque Sendra (1994), como así también de las relaciones existentes entre dos (bivariado) y tres (trivariado) variables, por medio de *gráficos de dispersión*, que permiten mostrar una aproximación al tipo, tendencia e intensidad de la relación (Buzai y Baxendale, 2009 y 2012).

El análisis se divide entonces en dos etapas. Un primer momento, destinado a la visualización del comportamiento de la variable en cuestión, agrupando los datos de origen primario y combinando sus valores con datos de población total, a fin de analizar la distribución del consumo de agua corriente por habitante. En la segunda etapa, se realiza un análisis de correlación simple (bivariada), por medio del cálculo del coeficiente de Pearson para diversas variables socio-habitacionales seleccionadas por su grado de significación. La aplicación de tal coeficiente es una “técnica estadística utilizada para medir el grado o la fuerza de asociación entre dos conjuntos de datos” (Estevanez Alvarez y

Bradshaw, 1978: 282). De esta forma nos permitirá conocer al menos teóricamente, si los valores de un conjunto de datos que suponemos están relacionados, aumentan efectivamente en igual proporción que los valores de otro conjunto.

Finalmente, se presentan los resultados junto a una interpretación de los mismos con el objetivo de aportar a la planificación de acciones de gestión pública para la optimización del suministro de agua corriente y la eficaz racionalización del consumo. Las amplias posibilidades de replicabilidad de la metodología que aquí se presenta, se constituye en un aporte para su posterior aplicación en otra localidades, incluso promoviendo la comparación de los resultados y la detección de anomalías respecto a otros consumos medios en zonas con similares características.

METODOLOGÍA

Se parte de contar con una base de datos que contiene la totalidad de medidores de la red de agua corriente de la localidad de Olavarría, junto a sus domicilios postales y el correspondiente consumo en metros cúbicos para el bimestre enero-febrero de 2014, base perteneciente a la entidad que regula el servicio y facilitada por la Municipalidad de Olavarría. Por otro lado, se cuenta con la posibilidad de acceder a los datos correspondientes al Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), año 2010, de los cuales se trabajó puntualmente con las siguientes variables para la primer etapa del análisis:

- *Total de población*
- *Total de hogares*
- *Procedencia del agua para beber y cocinar – Red Pública*

Las unidades de análisis han sido por tanto los radios censales, ya que en tal extensión se encuentran almacenados los datos de fuentes secundarias que se pretenden combinar con la información de origen primario que representa el consumo de agua de red por medidor. A fin de combinar ambas fuentes, se realizó la geocodificación de los medidores de agua a partir de sus direcciones postales, para luego ejecutar una unión espacial por localización. Se obtuvieron así los valores agregados correspondientes a la contabilización de los medidores y a la suma de sus respectivos consumos para cada uno de los radios censales, previa selección de los medidores correspondientes a consumos de tipo familiar.

Se procedió entonces a realizar el análisis comparativo partiendo de la armonización de las bases georreferenciadas. Para cada radio censal se le denominó P a la cantidad de población, H a la cantidad de hogares y H_c a los hogares que utilizan agua de red para beber y cocinar (hogares conectados). Se le llamó M

a la cantidad de medidores y C al consumo total (suma del consumo de todos los medidores de cada radio censal).

En primer lugar se calculó el promedio de población por hogar P/H , para obtener luego el total de población que accede al agua de red $(P/H).H_c$. Como los valores totales de medidores superaban el dato total de hogares conectados, fue necesario calcular la diferencia entre ambos $M-H_c$. En los radios en que este valor fue positivo, se asumió que respondía a nuevos hogares conectados (post 2010)¹ que mantienen el promedio de población. Para estos radios el valor total de población que accede al agua de red resultó ser $(P/H).M$.

Finalmente, se obtuvo el valor del consumo promedio por persona en cada radio censal C/P .

La segunda etapa del abordaje metodológico surgió con la finalidad de poder inferir si existe una relación entre los radios censales que presentan un mayor consumo de agua corriente por persona y algunas dimensiones poblacionales y habitacionales de los grupos analizados. Se definió así realizar un análisis de correlación para cada una de las variables consideradas representativas de las siguientes dimensiones, definidas en función de los datos de INDEC 2010:

Dimensión Educación:

- *Población de 15 años y más con nivel educativo igual o mayor a Secundario en curso.*

Dimensión Características Habitacionales:

- *Calidad constructiva de la vivienda - Satisfactoria y Básica*

Dimensión Consumo de Bienes y Equipamiento:

- *Tenencia de Heladera, Computadora, Teléfono Celular*

Dimensión Accesibilidad a Servicios:

- *Combustible usado principalmente para cocinar – Gas de red*

A esta última dimensión se le incorporó la variable Conexión a red cloacal, extraída de la base de datos de la entidad reguladora y facilitada por la Municipalidad de Olavarría.

Para poder hacer un análisis de correlación, se calcularon las proporciones de cada una de las variables seleccionadas respecto del total de población u hogares, según corresponda, para luego ejecutar el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson entre el consumo de agua promedio por persona y cada una de ellas.

¹ Aquí surgió el primer obstáculo en relación a la diferencia entre la cantidad de medidores geocodificados y el número de hogares conectados a la red según INDEC 2010, 26.870 y 24.097 respectivamente. Considerando el desfase temporal de los datos con los que se trabaja, se procede a incorporarle a los valores totales de hogares, la diferencia entre ambos campos, incluyendo sólo los valores positivos, ya que los negativos corresponden a medidores que cuantifican el consumo de varios medidores internos o propiedades horizontales con medidor. En estos últimos casos se utilizó la cantidad de hogares de los datos INDEC 2010 para realizar la proporción. Se trabajó entonces con un total de 27.091 hogares familiares conectados a la red de agua, que estiman un total de 77.291 personas que acceden a consumir agua corriente.

El cálculo del coeficiente de Pearson (r), se realiza con la siguiente fórmula:

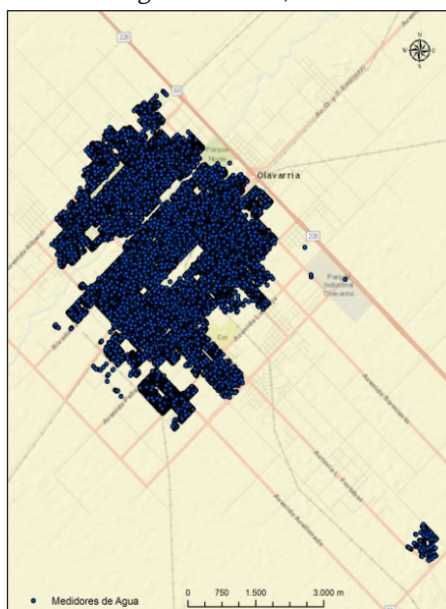
$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Donde n es la cantidad de datos, x_i y y_i los valores de la variable a correlacionar.

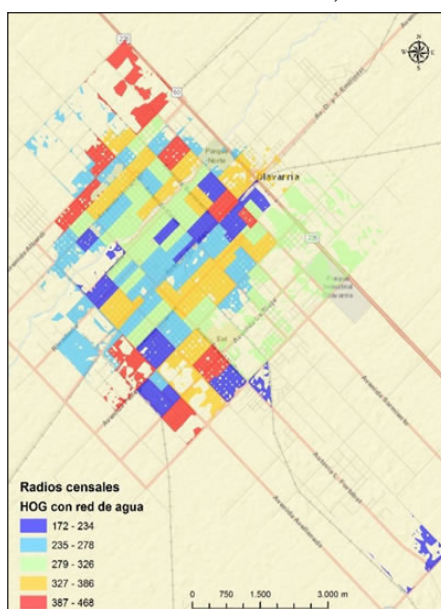
PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se presentan los datos que fueron utilizados como insumos para la primer etapa del análisis del consumo de agua de la ciudad de Olavarría, esto es la obtención del consumo promedio de agua por habitante. El Mapa 1 presenta la localización de los medidores de agua de tipo familiar, mientras que el Mapa 2 corresponde a la cantidad de hogares conectados a la red de agua corriente por radio censal (INDEC, 2010), según distribución dasimétrica. Dicha metodología implica una desagregación de los datos a entidades de menor tamaño, considerando sólo la superficie edificada. La información complementaria requerida en este caso fue extraída por medio de un análisis y clasificación de imágenes satelitales.

Mapa 1. Medidores familiares de agua corriente, 2014



Mapa 2. Hogares por radio censal, distribución dasimétrica, 2010

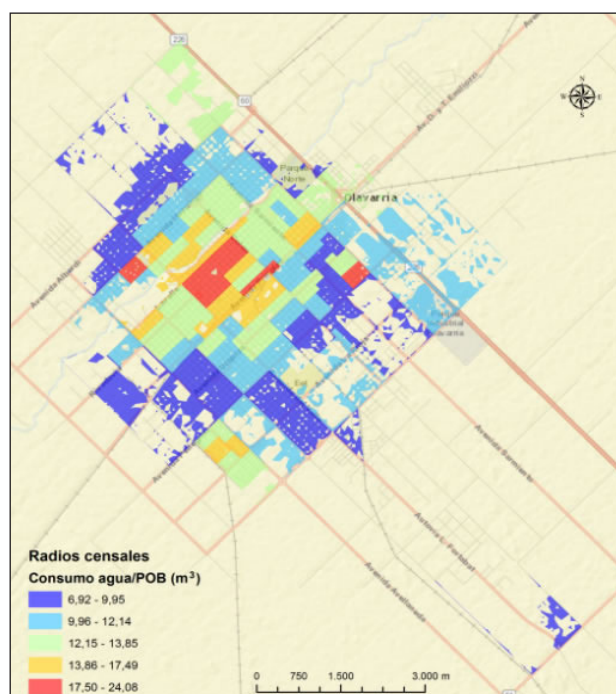


Fuente: elaboración personal

Los resultados obtenidos en esta fase, presentados en el Mapa 3, muestran el consumo promedio de agua corriente por persona por radio censal para la localidad de Olavarría, en el período enero-febrero de 2014. Resulta significativo señalar la amplia brecha que presentan los valores de mayor y menor clase. Mientras que el consumo promedio por persona oscila entre 6 y 10 m³ de agua en el menor rango, entre los valores más altos se alcanza un consumo de hasta 24 m³ de consumo promedio por habitante.

Cabe destacar también la marcada concentración de los valores más altos en el centro de la planta urbana. Con excepción de un sector hacia el sur, parecería coincidir con un comportamiento decreciente centro-periferia de la variable analizada, contrario a lo que se podría suponer en relación al excesivo consumo de agua que podrían requerir en la estación estival los amplios espacios verdes privados característicos de las zonas periféricas por riego y/o posibilidad de contar con piletas de uso familiar. Tal situación invita a reflexionar sobre cuáles podrían ser las variables que por medio de un comportamiento similar podrían estar de algún modo vinculadas al consumo de agua.

Mapa 3. Consumo promedio de agua corriente por persona por radio censal, ene-feb 2014



Fuente: elaboración personal

Se comenzó aquí entonces con la indagación sobre el comportamiento de esta variable respecto de otras, ligadas al capital cultural, a las características habitacionales y al acceso a otros servicios por medio del análisis de correlación bivariada. Un análisis de correlación mide el grado de relación o asociación existente generalmente entre dos variables aleatorias. No es conveniente identificar correlación con dependencia causal, ya que, si hay una semejanza formal entre ambos conceptos, no puede deducirse que sean análogos; en efecto es posible que haya una alta correlación entre dos acontecimientos y que sin embargo, no exista entre ellos relación de causa o efecto; por ejemplo cuando dos acontecimientos tienen alguna causa común, pueden resultar altamente asociados y no son el uno causa del otro (Restrepo y González, 2007:185). Hecha la aclaración, se considera significativo aplicar el coeficiente a fin de iniciar un proceso de indagación para orientar futuras investigaciones y búsquedas de datos que permitan con mayor rigurosidad aproximarse a una explicación de los comportamientos detectados.

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson entre el consumo promedio de agua por persona y las variables seleccionadas (Tabla 1):

Tabla 1. Coeficiente de correlación de Pearson. Resultados de análisis bivariados

DIMENSIÓN	EDUCACIÓN	CARACTERÍSTICAS HABITACIONALES	CONSUMO DE BIENES Y EQUIP.	ACCESO A	SERVICIOS
Variables	EDUC	INCALCONS	CONSBS	GAS	CLOACAS
Consumo AGUA	0.5983499	0.5712177	0.4176967	0.4689106	0.5579757

Fuente: elaboración personal

Para la interpretación del coeficiente calculado se debe contemplar que los resultados oscilan entre -1 y +1, indicando asociaciones negativas o positivas respectivamente; mientras que 0 (cero) significa no correlación, pero no independencia. En el caso analizado, podemos decir que hay un nivel de asociación positiva (a mayor valor de la variable, mayor consumo de agua) de tipo medio ($0,4 < r < 0,7$), según la interpretación planteada por Estevanez Alvarez y Bradshaw (1978).

Dentro de las variables con niveles de correlación positiva se encuentra lógicamente el acceso a la red cloacal (0.56), ya que se trata de una dimensión directamente relacionada al suministro de agua corriente por tratarse de servicios brindados por la misma entidad. Los radios censales que presentan mayor proporción de hogares con desagüe por cloacas, mayor consumo de agua por

persona poseen; de igual modo la accesibilidad a la conexión de red de gas natural, el otro servicio analizado, se encuentra dentro de los parámetros de asociación tolerables, aunque menor al anterior (0.47). Una de las correlaciones más significativas (0.57) se da respecto a la calidad constructiva de las viviendas: a medida que crece la proporción de viviendas en mejor situación, crece de igual modo el consumo proporcional de agua.

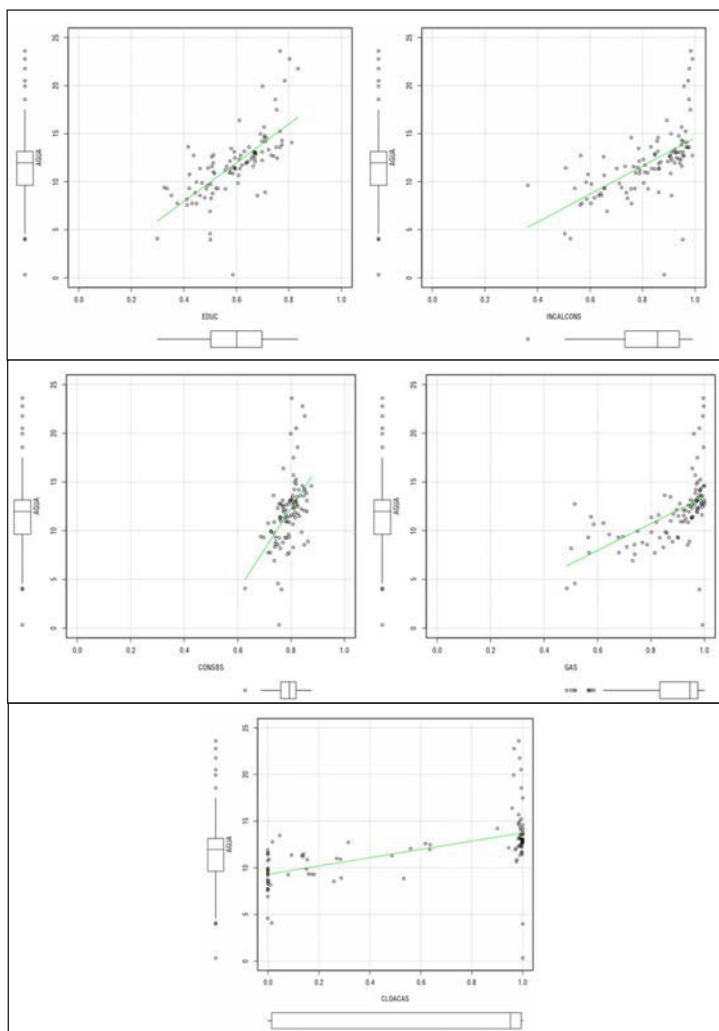
Valor también considerado de asociación positiva de tipo medio, aunque significativamente menor a los anteriores (0.41), es el que representa la correlación con el consumo de bienes y equipamiento (considerando heladera, computadora y teléfono celular como elementos representativos de esta dimensión), de igual modo se incrementan los consumos proporcionales de bienes al tiempo que lo hace el proporcional de agua. Quizás cabría profundizar la investigación considerando otro tipo de bienes y analizar si existen niveles de asociación más altos.

El dato a distinguir, no sólo por tratarse del valor de asociación más significativo (0.60), es el resultado de la correlación respecto a la variable educativa. Resulta llamativo el contrario comportamiento de dicha variable a lo que podría intuirse: a medida que crece la proporción de población con niveles educativos más altos, es igualmente creciente el consumo de agua proporcional por habitante, lo cual significa que un nivel alto de capital cultural no significa una concreta racionalización del consumo de agua. Este punto resulta de particular importancia para los objetivos planteados al iniciar el análisis, ya que podría deducirse con cierto grado de acierto que es posible diseñar y llevar a cabo una campaña de concientización que pueda reducir el consumo medio de agua corriente por habitante, pudiendo aportar como análisis diagnóstico que existen aparentemente condiciones positivas en cuanto a posibilidades de comprensión de la problemática y concreta racionalización de su uso.

A continuación podemos ver los gráficos de dispersión para cada par de variables. En todos los casos está representado el consumo de agua en el eje de las ordenadas, y la otra variable en el eje de las abscisas (Figura 2).

La configuración resultante ubica a cada unidad espacial (radios censales en este caso), con un punto de localización x-y según sus valores para cada eje. La línea transversal es la recta de regresión lineal e indica la relación positiva que surge de la aplicación del coeficiente de Pearson para cada variable.

Figura 2. Coeficiente de correlación de Pearson. Gráficos de dispersión



Fuente: elaboración personal

CONCLUSIONES Y REPLICABILIDAD

En todas las variables analizadas se puede deducir a modo de conclusión, que aparenta existir una relación estadísticamente comprobada de tipo medio, entre el consumo de agua de red por persona y buenas situaciones socio-habitacionales. El patrón espacial de tal asociación se corresponde con un comportamiento centro-periferia, que podría explicarse por los normales

procesos de consolidación histórica de los espacios urbanos, donde el centro posee en general la mayor accesibilidad a servicios y mejores situaciones habitacionales, mientras que son sectores de la periferia los que suelen presentar déficits en este sentido.

Tal situación insta a indagar sobre las razones que podrían explicarla, descartando iniciales supuestos como los ya expresados en cuanto al posible mayor consumo en viviendas que disponen de amplios espacios verdes. Cabría complementar el análisis también con datos de consumo de agua en el período invernal, a fin de dilucidar si existen diferencias estacionales significativas susceptibles de un abordaje específico.

Por último, en función de la metodología presentada, se considera que se trata de un procedimiento que posibilita su replicabilidad siempre y cuando se pueda acceder a la base de datos que registra los valores de consumo de agua por medidor de manera bimensual, en cada localidad según la entidad que lo realiza. Tales bases poseen un alto potencial de diagnóstico que permite, como se hizo en el presente trabajo, detectar zonas de consumo excesivo y asociarla a otro tipo de información para conocer relaciones entre variables y orientar futuras indagaciones. Si bien en el presente análisis se utilizaron los softwares *ArcGIS 10.2* y *R 3.2*, existen múltiples opciones informáticas que facilitan los cálculos realizados y posibilitan la relación espacial y su representación cartográfica (*GeoDa*, *SPSS*, *QGIS*, *GvSIG*, entre otros).

AGRADECIMIENTOS

Al Lic. Lucas Corrales, por su asesoramiento y aportes en los múltiples análisis realizados, muchos de los cuales no se incluyeron en este trabajo pero formaron parte de la exploración de los datos y cálculos posibles a realizar. A la Dra. Adela Tisnés, por su tutoría y lectura crítica. Al Municipio de Olavarría, por el suministro de la información necesaria, especialmente a Mariano Sánchez y su equipo, por la predisposición al trabajo en conjunto y su convicción en los aportes significativos de estas aplicaciones a la gestión y planificación territorial.

BIBLIOGRAFÍA

- Bosque Sendra, J. (1994). Análisis exploratorio de datos. En: Bosque Sendra y Moreno Jimenez. *Análisis exploratorio y multivariante de datos*. Ed. OIKOS-TAU. Barcelona, España. p. 451
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2009). Análisis Exploratorio de Datos Espaciales. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (GESIG-UNLU, Luján). 1(1), Sección III:1-11, www.gesig-proeg.com.ar

- Buzai, G. y Baxendale, C. (2012). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Tomo 2: Ordenamiento Territorial / Temáticas de base vectorial. Lugar Editorial. Buenos Aires. pp. 315.
- Estevanez Álvarez, J. y Bradshaw, R. (1978). *Técnicas de cuantificación en geografía*. Ed. Tebar Flores, Madrid, España. p. 512
- INDEC. (2010). *Censo Nacional de Hogares, Población y Vivienda*. Buenos Aires. Argentina.
- Longley, P. A.; Goodchild, M. F.; Maguire, D. J. y Rhind D. W. (2013). *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica*. Bookman, Porto Alegre, Brasil. (Tercera edición).
- Restrepo B., L. y González L., J. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia, 20(2):183-192.

OPTIMIZACIÓN DEL PROGRAMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

— Inés Rosso —

INTRODUCCIÓN

El incremento del interés generalizado por la administración de los residuos urbanos, se ha convertido en un ineludible abordaje de los programas de gestión municipal. Múltiples son las propuestas en relación al manejo de residuos sólidos urbanos (RSU), orgánicos e inorgánicos, y creciente la demanda de análisis espaciales que optimicen por ejemplo coberturas y recorridos de servicios de recolección, localizaciones de plantas de reciclado o puntos de depósito, entre otros.

El Municipio de Ayacucho, provincia de Buenos Aires, ha desarrollado en este sentido un proyecto denominado “Puntos Limpios”, en el marco del programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, destinados específicamente al depósito de plásticos y vidrios por parte de la ciudadanía, para luego ser transportados a la Planta de Reciclado, ubicada en el Complejo Ambiental Sustentable de Ayacucho e inaugurada en junio de 2014. El objetivo es promover la separación en origen de todos los residuos para su tratamiento y reutilización, y así poder dar un cierre definitivo al basural a cielo abierto que recibe los desechos de los últimos cuarenta años de la localidad.

Dicho programa consta de varias etapas en las cuales se proyecta la total reutilización de RSU. Bajo el eslogan “Separado no es basura”, se pretende otorgar valor a los desechos domiciliarios, según su tipo, en la planta de tratamiento. Los residuos inorgánicos (vidrios, plásticos, pilas y residuos electrónicos, cartón, metal, etc.) son vendidos para ser reciclados, y su recaudación se destina a la construcción de un galpón que permita ampliar la capacidad de procesamiento de la planta. Mientras que el residuo orgánico procesado y triturado se dispone en el basurero municipal hasta tanto pueda ser construida una máquina de briquetas prevista para una segunda etapa. Las briquetas son bloques sólidos combustibles en forma cilíndrica o de ladrillo, utilizados para generar calor en estufas, chimeneas, salamandras, hornos y calderas; es un producto ecológico y renovable, catalogado como bio-energía sólida que sustituye a la leña.

Con el presente trabajo se pretende aportar al análisis espacial de la puesta en marcha del proyecto de “Puntos limpios” (PL), por medio de la determinación de la cantidad de población que puede acceder a los mismos, y por tanto de quienes quedan por fuera de tal cobertura. Se determina a su vez cuántos

puntos nuevos y en qué lugares deberían ser colocados para aumentar la accesibilidad a los lugares de depósito de residuos plásticos y vidrios, de manera tal que incluyan la mayor parte de la planta urbana.

Las áreas de influencia o zonas de servicio son definidas como aquellos territorios “hasta donde se deja sentir el efecto de un determinado servicio o equipamiento, esta región está en estrecha relación con la población o usuarios que la emplean” (Ramírez, 2004: 2). Tales procesos “implican la realización de procedimientos orientados al estudio de la distribución espacial de puntos centrales y sus alcances espaciales (...); estos procedimientos, entre otros, resultan ser de utilidad para el estudio de la competencia espacial en el sector privado o de la cobertura óptima para el sector público” (Buzai y Baxendale, 2012: 213).

A fin de trazar un área teórica de dominio espacial de una determinada entidad geográfica, para conocer su grado de accesibilidad, comúnmente se utiliza la técnica de delimitación de áreas de influencia (*buffer*). Se trata de una técnica que emplea la distancia euclidiana y opera tanto en formatos vectoriales como en raster, por medio de un umbral de distancia definido por el usuario (Cardozo, et al., 2014). La definición de los espacios de influencia para cada PL, permitirá caracterizar espacialmente la accesibilidad a diferentes niveles, según bandas de distancia, y por tanto la población que quedaría contenida en cada una de ellas.

Sin embargo, de esta forma se consideraría al espacio geográfico como una superficie continua, sin obstáculos, y posible de ser transitada en su totalidad. A diferencia de estos postulados, se considera importante contar con la posibilidad de incorporar la fricción espacial en diferentes medidas de costo, así como de contemplar cuáles zonas pueden ser atravesables y cuáles no, a partir de considerar por ejemplo el tramado del ejido urbano. En estos casos, la confección de la red de circulación se torna decisiva para modelizar los desplazamientos en el espacio geográfico actual, ya que en definitiva la infraestructura y redes viales van a cumplir un papel fundamental para facilitar las interrelaciones (Gutiérrez Puebla y García Palomares, 2007). Una metodología quizás más apropiada para tal fin, que contempla el real desplazamiento por el viario público que cada ciudadano debería transitar para depositar los residuos, podría ser la de determinar las áreas de servicio (*Service Area*) por medio de un análisis de redes, utilizando las funciones de vecindad de un SIG. Por medio de la herramienta *Network Analyst* (del *software ArcGis 10*), se pueden encontrar las áreas de servicio definidas alrededor de cualquier ubicación en una red, las cuales abarcarían una región que incluiría todas las calles accesibles, es decir, aquellas que se encuentren dentro de la impedancia especificada.

METODOLOGÍA

En primer lugar será necesario construir la red vial urbana de la localidad de Ayacucho, a fin de modelizar los desplazamientos reales de bienes, personas y vehículos en el espacio geográfico. Se prevé la incorporación de todos aquellos segmentos de la red que sean atravesables, dentro de un rango de impedancia determinado, y se requiere a su vez de la definición de los sitios requeridos o puntos de oferta, en este caso PL, sobre los cuales se trazarán las zonas de influencia.

Según las características y objetivos del presente trabajo, el área de servicio será definida en torno a 5 minutos para cada punto, lo cual implica que se incluirá de la red vial, todas las calles a las que se puede llegar desde cada punto en un plazo de 5 minutos, tiempo equivalente a 300 metros (considerando que a pie se recorren 4 km/h)¹. Las áreas de servicio permitirán también evaluar la accesibilidad al definir dos niveles de impedancia (o tantos como se considere necesario), que otorgarán dos superficies con mayor y menor influencia respectivamente. La segunda corona de influencia será definida en torno a 8,33 minutos, o sea 500 metros de recorrido, considerando tal región como accesible, aunque en menor grado.

Este tipo de resultados obtenidos por medio de la creación y manipulación de redes y nodos a modo de simulación del tiempo que implica el desplazamiento por el espacio, se denomina mapa isócrono o de isocronas. Las líneas denominadas isocronas unen puntos a los que se llega u ocurre algún evento al mismo tiempo, y se utilizan por ejemplo para realizar análisis de movilidad, de planificación de transporte de mercancías o cálculo de áreas de influencia, como es el caso que aquí se presenta.

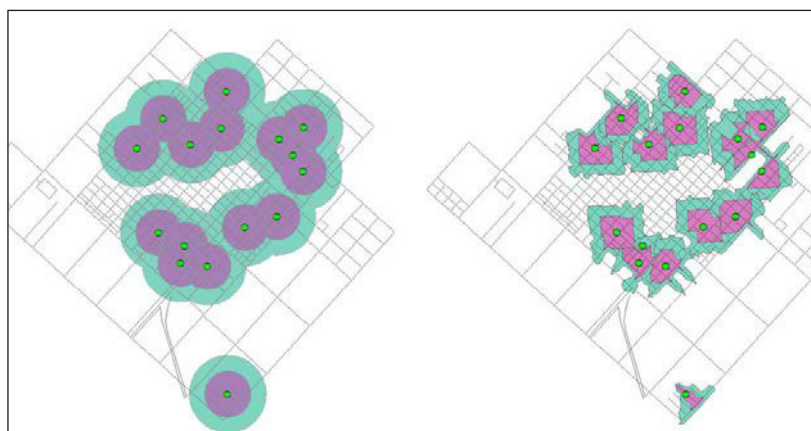
A modo de comparación del grado de fidelidad de la modelización que representan las metodologías de *Buffer* y *Service Area*, se presentan en la Figura 1 los resultados obtenidos con una y otra técnica. Allí se evidencia la significativa representatividad que asume el área de servicio respecto de las zonas delimitadas por distancia euclidiana con *buffering*.

Una vez creados los polígonos de influencia, serán utilizados para cuantificar el número de personas que quedarían contempladas por cada PL, dato extraído del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (INDEC, 2010). Como dicha información se encuentra almacenada en unidades espaciales discretas (polígonos de radios censales), fue necesario utilizar un método de desagregación que permita llevar a una expresión continua la distribución de la pobla-

¹ Según indicadores relacionados con la movilidad y los servicios, desarrollados por el Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla (Ayuntamiento de Sevilla, 2007), se considera que existe una buena accesibilidad cuando desde cualquier parte del viario público puede accederse en 5 minutos (300 m) a una parada de transporte público, lo que equivale a dar cobertura al total de la población. Si bien el presente caso no analiza accesibilidad a transporte público, se considera pertinente utilizar el mismo indicador ya que se trata del desplazamiento a pie que la población estaría dispuesta a transitar para depositar los residuos especiales, en este caso, plástico y vidrios.

ción, para determinar así, de manera más certera, cuántos habitantes quedan por fuera de los puntos de análisis.

Figura 1. Comparación de áreas de influencia definidas por *Buffer* y *Service Area*, respectivamente



Fuente: elaboración personal

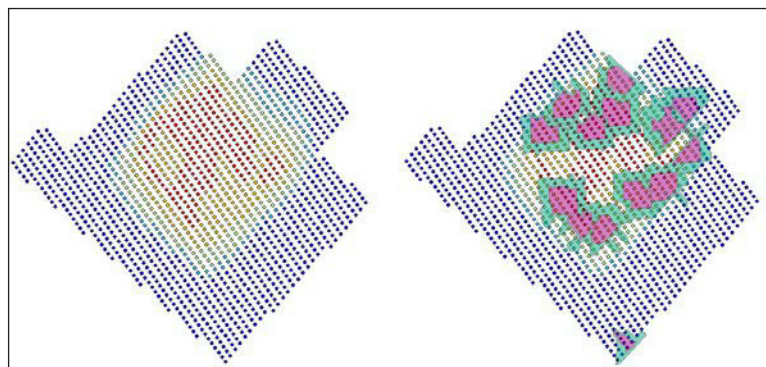
Se definió aplicar el método de interpolación picnofiláctico suavizado (Tobler, 1979) para modelizar las distribuciones al interior de cada unidad censal y eliminar las artificiales transiciones abruptas entre ellas. Esta aplicación permite desagregar espacialmente los datos de entrada almacenados en unidades discretas a partir de métodos geoestadísticos (Linares, 2012). Al finalizar el procesamiento, se transforma el resultado final a una nube de puntos que por su equidistancia simularía la cantidad de población que posee cada manzana de la planta urbana.

Para mejorar su visualización, se representó la nube de puntos por medio de colores graduados, expresando en tonos cálidos los valores más altos y en tonos fríos los de menor densidad poblacional (Figura 2). Asimismo, se le superpuso la capa de polígonos con las áreas de servicio creadas en el momento anterior, a fin de proceder efectivamente a cuantificar la población que contempla cada una de las isocronas definidas.

En la Tabla 1 se presenta el grado de accesibilidad de los PL existentes, según la cantidad de población que quedaría contemplada en las dos coronas de influencia definidas en torno a cada uno.

En función de los datos extraídos y teniendo en cuenta que la planta urbana de Ayacucho cuenta con una población total que alcanza los 17.277 habitantes, la población que quedaría por fuera de las áreas de servicio existentes alcanzaría los 6.334 ciudadanos, esto es el 36,7% del total de la localidad.

Figura 2. Desagregación espacial de datos censales y superposición con áreas de servicio para extracción de datos poblacionales



Fuente: elaboración personal

Tabla 1. Población con accesibilidad a PL existentes

PUNTOS LIMPIOS	TIEMPO DE ACCESO* (MINUTOS)	RADIO COBERTURA (METROS)	POBLACIÓN INCLUIDA
16	5	300	4.924,8
16	8,33	500	6.018,9
Total acceso			10.943,7

* Velocidad a pie considerada: 4 km/h

Fuente: elaboración personal

El objetivo entonces de la última fase de este trabajo es el de optimizar el posicionamiento de 3 (tres) PL nuevos, de manera tal que puedan abarcar la mayor parte de la población que actualmente no se encuentra dentro de las regiones de accesibilidad a los puntos existentes.

A tal fin, se requirió la utilización de la red vial creada al inicio para poder determinar la localización óptima por medio del procedimiento de localización-asignación. Tales modelos “intentan evaluar las localizaciones actuales de los centros de servicio con base en la distribución de la demanda y la generación de alternativas para lograr una distribución espacial más eficiente y/o equitativa. Además, buscan las ubicaciones óptimas de localización y determinan las mejores vinculaciones de la demanda, entendida en términos de asignación” (Buzai, 2001: 112).

Al configurar la ejecución de la herramienta de localización-asignación, se definieron como puntos requeridos a los PL existentes, de manera tal que el modelo asigne a cada uno de ellos la población que accede en un radio de

400 metros, definidos como distancia intermedia entre las áreas de servicio antes analizadas (300 y 500 metros respectivamente). Luego, se estableció que la nube de puntos poblacional construida en la fase anterior, sea al mismo tiempo considerada como los puntos de demanda y como los sitios candidatos a ser elegidos para localizar los nuevos PL, considerando en el caso de la demanda como variable a ponderar en el cálculo, la cantidad de población que cada punto representa.

En cuanto a la configuración del análisis, se definió que la simulación del movimiento en la red, parta de los puntos de demanda hacia los PL requeridos y candidatos, a ser visualizados en formato de líneas rectas y otorgando en el resultado final los valores de tiempo y distancia acumulados para cada caso. El problema a resolver pretendía maximizar la cobertura del servicio en el espacio (*Maximize Coverage*), requiriendo en el resultado final la selección de un total de 19 PL, esto es los 16 existentes más 3 puntos nuevos.

PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se presenta la Figura 3 con los resultados obtenidos del procedimiento de localización-asignación, seguido de una nueva ejecución del módulo de Área de Servicio, a fin de visualizar la nueva cobertura, simulando la localización de los tres nuevos PL elegidos, para poder calcular luego la cantidad de población que quedaría incluida con el nuevo equipamiento.

Figura 3. Localización-Asignación y nuevas áreas de servicio de Puntos Limpios en planta urbana Ayacucho



Fuente: elaboración personal

Los nuevos puntos elegidos se ubican en orientación oeste-este, hacia el centro de la planta urbana, cubriendo la zona central del ejido cuya densidad poblacional es alta y aún no estaba cubierta por el servicio en análisis. Del

procedimiento realizado se deduce entonces que los nuevos PL deberían ubicarse en las proximidades de las siguientes calles:

1. Avenida Miguens y calle Belgrano
2. Calle 25 de Mayo al 1300, entre calles L. N. Alem y B. Mitre
3. Calle F. Poderoso al 800, entre Gral. Güemes y J. Arroyo.

De una interpretación visual de los resultados, se desprende la amplia cobertura que implicaría el incremento de solo tres PL. Dicha afirmación se refuerza aún más al analizar los datos de población que accedería al tener en funcionamiento los 19 PL considerados. A tal fin se elaboró la Tabla 2 en base a las nuevas áreas de servicio, que permite comparar los resultados obtenidos con los que emergieron de la situación diagnóstico.

Tabla 2. Población con accesibilidad a PL existentes y nuevos

TIEMPO DE ACCE- SO* (MINUTOS)	RADIO COBERTU- RA (METROS)	POBLACIÓN IN- CLUIDA ACTUAL (16 PL)	NUEVA POBLA- CIÓN INCLUIDA (19 PL)	INCREMENTO (%)
6	300	4.924,8	7.132,6	20,2
8,33	500	6.018,9	7.882,9	17,03
		10.943,7	15.015,5	37,2

* Velocidad a pie considerada: 4km/h

Fuente: Elaboración personal

Tal como indican los valores de la tabla, resulta muy significativa la proporción de población que se incrementa con la optimización de la ubicación de solo tres PL nuevos, lo cual nos permite inferir que el procedimiento de localización-asignación es una metodología sumamente válida al momento de tomar decisiones espaciales. Los datos reflejan un incremento del 37,2% de la población con los cambios propuestos, de los cuales la mayor parte correspondería a un aumento en el área de servicio más próxima a cada PL, esto es el 20,2% del incremento señalado que incluiría población que se encuentra a 5 minutos o 300 metros de distancia al PL más cercano. En síntesis, de un promedio de 684 habitantes con accesibilidad a cada PL en la actualidad, se incrementaría a 790,2 personas por PL, lo cual otorga un total de 15.015,5 personas incluidas en las áreas de servicios de los 19 PL definidos, que representa el 86,9% del total de población de la planta urbana de Ayacucho.

CONCLUSIONES Y REPLICABILIDAD

A modo de análisis final cabe destacar las potencialidades que posee la deli-

mitación de áreas de servicios definidas por medio de un red, en contraposición a zonas delimitadas con distancias euclidianas; en el primer caso las isocronas calculadas permiten establecer la cantidad de población que hay a una determinada distancia temporal, mientras que en el segundo, el procedimiento es similar aunque parte de una simulación de circulación por el espacio que dista mucho más de la real, al no contemplar que los desplazamientos se realizan por vías y no de forma uniforme en el espacio.

Asimismo, resulta importante señalar la destacada utilidad del método de interpolación picnofiláctico suavizado que se utilizó como técnica de desagregación de datos espaciales, permitiendo calcular los valores de población que cada área de servicio incluye pudiendo superar problemas como del tablero de ajedrez y de la unidad espacial modificable (Linares, 2012).

Por último, los resultados arrojados con la ejecución del modelo de localización-asignación han dejado de manifiesto la importante utilidad que esta herramienta tiene para el estudio de la optimización de la cobertura de servicios y equipamientos para el sector público. Se constituye así en una valiosa metodología de análisis y gestión territorial, así como de soporte a la toma de decisiones espaciales.

Puntualmente, en el caso presentado, se logró un incremento del 37,2% de la población que accedía a los PL existentes, con un aumento de sólo el 18,75% de puntos nuevos colocados; cifras que denotan una optimización concreta de los recursos públicos con los que se cuenta para equipamiento. Evidenciando así la utilidad de los Sistemas de Información Geográfica en la puesta en marcha y mejoramiento del programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos de la localidad de Ayacucho.

Además de la efectividad aquí comprobada con el caso específico de análisis, sin dudas se trata de una valiosa metodología totalmente replicable a otras localidades y otros ámbitos de la gestión y planificación territorial, que potencia las posibilidades de ordenamiento territorial en general y de localización de equipamiento público en particular.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Santiago Linares por su permanente asesoramiento y lecturas críticas sobre los procedimientos recorridos y seleccionados. A Mauro Ortmann, por su acompañamiento en lo referido al análisis de redes. Por último, al Director de Gestión Ambiental y Planificación Geográfica de la Municipalidad de Ayacucho, el Prof. Pablo Muñoz, por brindar toda la información requerida y por promover los aportes de las tecnologías de información geográfica a la gestión municipal.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayuntamiento de Sevilla (2007). Cap. 3: Indicadores relacionados con el espacio público y la movilidad. *Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla*. Gerencia de Urbanismo. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. España.
- Buzai, G. (2001). 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*. N° 20, Bogotá, Colombia, Julio-Diciembre 2001.
- Buzai, G.; Baxendale, C. (2012). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Tomo 2: Ordenamiento Territorial / Temáticas de base vectorial. Lugar Editorial. Buenos Aires. pp. 315.
- Cardozo, O.; Da Silva, C.; Bondar, C.; Odriozola, J.; Chávez, A.; Brillada, D. (2014). Geomarketing aplicado al análisis de competencia espacial de rubros comerciales en Resistencia, Argentina. *III Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica (CIOTTIG)*. Organizado por la Universidad Nacional de General Sarmiento del 15 al 18 de septiembre de 2014 en Los Polvorines, Malvinas Argentinas, Buenos Aires.
- Gutiérrez Puebla, J.; 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 Sociedad Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica en la ciudad de Luján, Argentina.
- INDEC. (2010). *Censo Nacional de Hogares, Población y Vivienda*. Buenos Aires. Argentina.
- Linares, S. (2012). Dificultades metodológicas al medir la segregación: el problema del tablero de ajedrez y de la unidad espacial modificable. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (GESIG-UNLU, Luján), 4(4), Sección II:10-22, www.gesig-proeg.com.ar
- Ramírez, L. (2004). Determinación de áreas de influencia hospitalaria mediante análisis espacial en SIG-vectorial: un aporte metodológico. *I Seminario Argentino de Geografía Cuantitativa*. Organizado por GEPAMA-FADU-UBA y Planetario de la Ciudad de Buenos Aires.
- Tobler, W. (1979). Smooth Pycnophylactic Interpolation for Geographical Regions. *Journal of the American Statistical Association*. Alexandria, VA, 74:519-530.

APLICACIONES A LA GESTIÓN AMBIENTAL



TELEDETECCIÓN PARA MEJORAR LA REGULACIÓN TÉRMICA AL INTERIOR DE LAS CIUDADES

— Natasha Picone —

INTRODUCCIÓN

La teledetección ha significado un gran avance para el monitoreo de la superficie terrestre. Desde 1972, con el lanzamiento del primer satélite Landsat, se han obtenido de manera continua imágenes satelitales de todo el mundo, lo que ha permitido analizar la dinámica terrestre a largo plazo (De Jong y Van Der Meer, 2005).

La utilización de esta fuente de información es de gran importancia para el desarrollo de estudios multitemporales sobre todo en áreas donde los registros oficiales son inexistentes y/o deficientes. La información recabada por los distintos sensores es muy variada, por lo que se ha podido desarrollar estudios de monitoreo ambiental, urbano, búsqueda de recursos e incluso aplicaciones militares (Weng, 2010).

Dentro de la climatología urbana, el fenómeno más estudiado es la *isla de calor*, la cual hace referencia a la presencia de mayores temperaturas en el centro de la ciudad. Dicho fenómeno ha sido estudiado con distintas metodologías como: las estaciones fijas, la medición en transectas y la más reciente a partir de la banda térmica de las imágenes satelitales (Voogt y Oke, 2003)

El primer trabajo que utilizó imágenes satelitales para estudiar el fenómeno térmico urbano fue Matson et al. (1978). En él se analizó la intensidad de la *isla de calor* para varias ciudades de Estados Unidos con imágenes del sensor AVHRR del programa NOAA. Las ciudades estadounidenses son las que presentan mayor cantidad de trabajos en los que se relacionan los comportamientos térmicos y los valores del Índice de Vegetación Estandarizado o NDVI (Gallo et al., 1995), como así también el análisis de la distribución espacial de la temperatura al interior de las ciudades (Aniello et al., 1995).

Utilizando la misma metodología, Carnahan y Larson (1990) fueron los primeros en documentar el fenómeno de *isla fría*, que consiste en menores temperaturas en el centro urbano con respecto a sus alrededores. El mismo fenómeno fue detectado por Pérez González y García Rodríguez (2002) y Pérez González et al. (2003) en varias ciudades españolas con distintos sensores. Peña (2009) encontró una *isla fría* en Santiago de Chile, asociada a las coberturas que dominan en cada área analizada. En todos los casos esta distribución térmica se detectó durante la mañana, según Carnahan y Larson (1990), esto se debe a que las zonas verdes presentan una menor diferenciación térmica

a lo largo del día, y muestran mayores temperaturas durante la mañana que las coberturas construidas, las cuales durante la noche pierden la energía y la temperatura ganada durante el día previo.

Este trabajo presenta el análisis de la isla térmica de la ciudad de Tandil y su relación con las coberturas verdes al interior de la ciudad en una serie temporal de 25 años. Para ello se utilizaron imágenes satelitales del Landsat 5 TM de 1987 y 2011. A partir de cada una de ella se calculó la temperatura de superficie y el Índice de Vegetación Estandarizado (NDVI). Conocer los cambios generados por las ciudades tanto a nivel térmico como de uso de suelo es de gran importancia para poder realizar políticas de planificación urbana tendientes a mejorar la calidad de vida de las personas que viven en ellas.

METODOLOGÍA

Para analizar la isla térmica urbana y la vegetación se utilizaron imágenes satelitales del Landsat 5 TM que fueron descargadas de la página web del Servicio Geológico de Estados Unidos – USGS (glovis.usgs.gov). Todas poseen una calibración radiométrica y geométrica previa. Las imágenes pertenecen al Path 225 Row 86 correspondientes al área de Tandil y fueron tomadas alrededor de las 10:30 a.m. Se seleccionaron dos imágenes de primavera, una correspondiente al 22/10/1987 y otra del 24/10/2011. Ambas fechas corresponden a condiciones atmosféricas similares, típicas de la estación. Además, el Índice de Precipitación Estandarizado (IPE) varía entre 1 y -1, por lo cual el contenido de agua en el suelo es semejante, lo cual permite comparar los valores de la temperatura superficial de las imágenes.

En primer lugar, se convirtieron los valores de cada pixel (Número Digital) a un valor radiométrico para eliminar el ruido que generan los propios sensores (Chander et al. 2009; Chuvieco, 2010). Para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$L_{\lambda} = G * ND + B \quad [1]$$

donde L_{λ} es el valor de radiancia del pixel, ND es el número digital del pixel, G (Gain) y B (Bias) de cada banda del sensor TM fueron obtenidos de Chander et al. (2009).

A partir de dichos valores se procedió a realizar la corrección atmosférica de las bandas del visible y el infrarrojo cercano, utilizando el método de sustracción de objetos oscuros (Chavez, 1989). Este método postula que los efectos atmosféricos sobre la radiación solar aumenta los valores de ND en áreas de

agua limpia, profunda y calma, las cuales por sus características físicas deberían presentar valores de reflectancia próximos a cero. Para lograr la corrección atmosférica se sustrae en cada banda la diferencia entre el valor teórico y el almacenado por el sensor de dichas áreas de la imagen.

Toda conversión de radiancia a reflectancia tiene como variables centrales de corrección la fecha de toma de la imagen y el ángulo de incidencia solar, para lograr una comparación de los parámetros físicos obtenidos en distintas imágenes (Chuvieco, 2010). De esta manera la fórmula para la conversión de radiancia a reflectancia corregida atmosféricamente es:

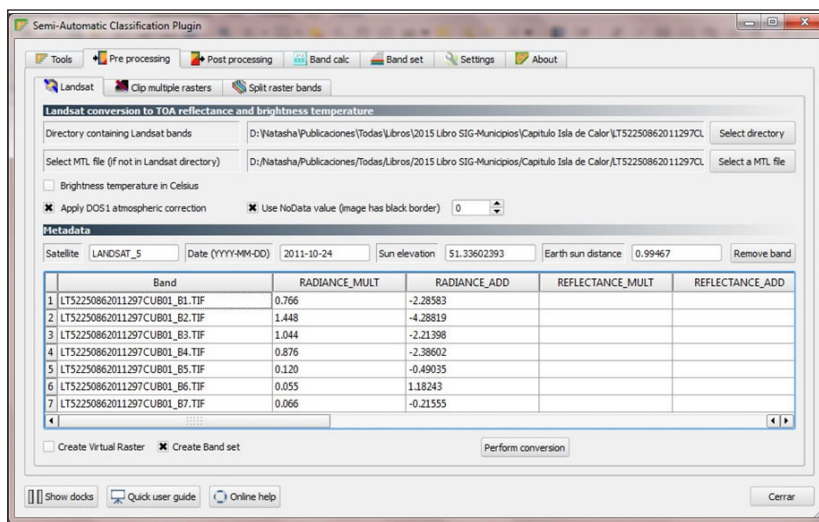
$$\text{Ref}_\lambda = \frac{\pi * D^2 * (L_\lambda - L_{\text{haze}})}{E_{\text{sun}} * \cos\theta * \tau} \quad [2]$$

$$L_{\text{haze}} = L_{\text{min}} - \frac{0.01 * \cos\theta * T_z * E_{\text{sun}}}{\pi * D^2} \quad [2a]$$

donde D es el factor corrector de la distancia Tierra-Sol, L_λ corresponde a la radiancia espectral recibida por el sensor en la banda a corregir, E_{sun} es la irradiancia solar en el techo de la atmósfera para esa banda del espectro (se obtiene de Chandler et al., 2009), θ es el ángulo de incidencia solar y τ es la trasmisividad atmosférica que afecta al rayo incidente (en el caso del modelo de sustracción de objetos oscuros es igual a 1), L_{haze} es la radiancia atmosférica debida a la dispersión y se estimaría a partir del valor mínimo (L_{min}) del objeto oscuro seleccionado [2a], T_z es 0.85 y 0.91 para las bandas 3 y 4 del Landsat 5 TM.

En este trabajo se utilizó el módulo SCP v 4.0 (Semi-Automatic Classification Pluggin) del QGIS 2.8. El mismo permite la corrección atmosférica de todas las bandas del Landsat de manera automática mediante el método de corrección atmosférica DOS. Como se puede observar en la Figura 1, los requerimientos para dicha corrección es el directorio original donde se encuentran todas las bandas y el archivo de metadatos de la imagen, normalmente con extensión MTL. Para aplicar el método de corrección se debe marcar la opción *Apply DOS1 atmospheric correction*. En el cuadro inferior se muestran las variables de corrección: el sensor al que pertenece la imagen, el día de la toma, la elevación del sol, la distancia Tierra-Sol y los Gain y Bias de cada banda.

Figura 1. Módulo de pre-procesamiento Landsat del SCP - QGIS



Fuente: imagen del SCP - QGIS

Este método no es aplicable para la corrección atmosférica del espectro térmico, ya que la variable física que se busca obtener no es la reflectancia sino la temperatura. Es por ello que para realizar dicha corrección se utilizó el método de Jimenez Muñoz y Sobrino (2003), cuya fórmula es:

$$T_s = \gamma * [\epsilon^{-1} * (\psi_1 * L_\lambda + \psi_2) + \psi_3] + \delta \quad [3]$$

Las variables necesarias para esta corrección atmosférica son: L_λ corresponde a la radiancia espectral recibida por el sensor en la banda a corregir; γ [3a] y δ [3b] que son constantes propias de cada imagen; ψ_1 [3c], ψ_2 [3d], ψ_3 [3e] que son modelos atmosféricos de proporción de agua presentes en el área de estudio; y ϵ es la Emisividad de cada una de las superficies presentes en la imagen [3f]. A continuación, se detallan las fórmulas de cada una de las variables.

$$\gamma = \left\{ \frac{c_2 * L_\lambda}{T^2} \left[\frac{\lambda^4}{c_1} * L_\lambda + \lambda^{-1} \right] \right\}^{-1} \quad [3a] \quad \delta = -\gamma * L_\lambda + T \quad [3b]$$

T es la temperatura de brillo de la banda 6 del Landsat 5, $c_1 = 1.19104 \cdot 10^8 \text{ W } \mu\text{m}^4 \text{ m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ y $c_2 = 14387.7 \text{ } \mu\text{m K}$.

$$\psi 1 = 0.14714 * \omega^2 - 0.15583 * \omega + 1.1234 \quad [3c]$$

$$\psi 2 = -1.1836 * \omega^2 - 0.37607 * \omega - 0.52894 \quad [3d]$$

$$\psi 3 = -0.04554 * \omega^2 + 1.8719 * \omega - 0.39071 \quad [3e]$$

donde ω que es la cantidad de vapor de agua que existe en la columna de aire (se obtiene <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>).

El cálculo de Emisividad de cada pixel se obtiene de la relación de vegetación y suelo que presente cada uno. Para ello se calcula el NDVI y con él el valor de Proporción de Vegetación (PV) de cada unidad mínima de la imagen. Luego se multiplica por los valores de Emisividad teóricos propios de la vegetación y el suelo.

$$\varepsilon = \varepsilon_V * PV + \varepsilon_S * (1 - PV) \quad [3f]$$

$$PV = \frac{(NDVI - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})} \quad [3f1] \quad NDVI = \frac{(TM4 - TM3)}{(TM4 + TM3)}$$

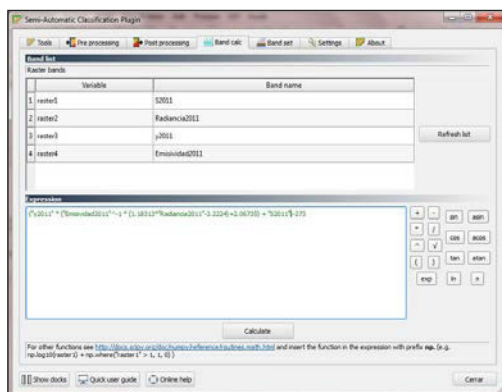
donde $\varepsilon_S = 0.965$, $\varepsilon_V = 0.980$

El resultado obtenido de Temperatura superficial [3] se expresa en °K por lo que para expresar dicha temperatura en °C se debe restar al resultado obtenido 273 que es el cero kelvin. Cabe recordar que la temperatura de superficie que se obtiene de los sensores no es comparable con la temperatura ambiente. Esto se debe a que la primera refleja la temperatura de cada cobertura (vegetación, chapa, cemento, etc.) mientras que la segunda es resultante de diversos procesos energéticos entre la superficie terrestre, la atmosfera y la radiación del sol.

Todas estas fórmulas se pueden calcular en cualquier calculadora raster de un SIG, en el caso de este trabajo es utilizado el BandCalc perteneciente al módulo SCP v4.0 del QGIS 2.8 (Figura 2). Se puede observar que en la parte superior hay un listado de las capas/bandas disponibles para el cálculo y por debajo se escribe la formula, cuando la misma está de color verde quiere decir que la sintaxis es correcta.

El cálculo del Índice de Vegetación Estandarizado (NDVI) permite conocer las condiciones generales de la vegetación que se encuentra en el área de estudio. Como se mencionó previamente, para su cálculo, son necesarias las bandas 4 y 3 del Landsat 5 TM en reflectancia corregida atmosféricamente. Los valores obtenidos variaran entre -1 y 1, siendo los menores valores aquellos que presenten menor vegetación y el caso opuesto para los valores más altos.

Figura 2. Módulo BandCalc del SCP - QGIS



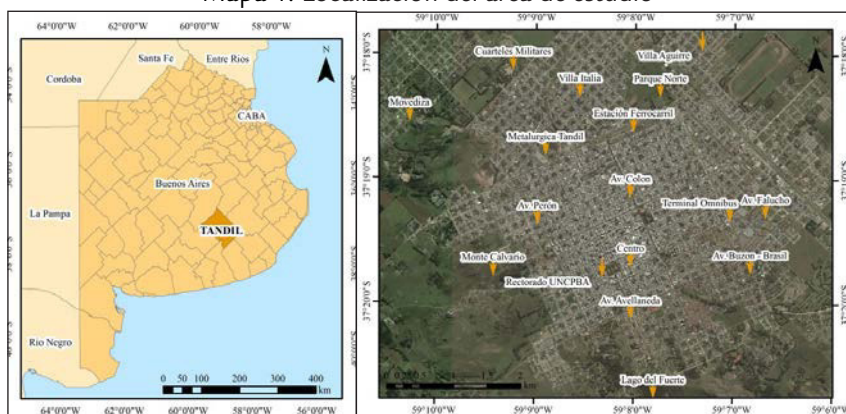
Fuente: imagen del SCP - QGIS

RESULTADOS

La ciudad de Tandil se ubica en el centro sur de la provincia de Buenos Aires (Mapa 1). El área urbana esta emplazada sobre los cauces medios de los arroyos Blanco y del Fuerte que discurren entubados de sur a norte y por las sierras graníticas del sistema de Tandilia que rodean el ejido urbano de oeste a sur

Tandil cuenta con 116.916 habitantes concentrando el 94% de la población total del partido. Este aglomerado se ha convertido en un centro regional económico, social y cultural muy importante para los partidos aledaños (Lan et al., 2010).

Mapa 1. Localización del área de estudio



Fuente: elaboración personal

La evolución de la isla térmica urbana entre 1987–2011 se puede observar en el Mapa 2. Se destacan dos procesos, en primer lugar, que la amplitud térmica al interior de la ciudad se ha intensificado y por otro lado, que la distribución espacial de las temperaturas ha cambiado.

La intensificación de la amplitud térmica urbana es un fenómeno muy estudiado en las ciudades del mundo, ya que cada una de las coberturas de suelo presentes en el área urbana tiene un comportamiento térmico diferente. Los cambios en dichas coberturas y la densificación de la ciudad, aumentan las diferencias térmicas en su interior. Entre 1987 y 2011 la amplitud térmica en la ciudad de Tandil aumento 8 °C. Para 1987 la diferencia térmica era de 15,6 °C mientras que para el 2011 la misma tuvo un valor de 23,8 °C. En ambos casos las temperaturas mínimas fueron similares (19,8 °C en 1987 y de 18,8 °C en 2011), mientras que la temperatura máxima fue la que aumentó en el periodo estudiado (35,5 °C en 1987 a 42,8 °C en 2011). Esto es consecuencia del aumento de superficies construidas en detrimento de las áreas verdes, con características opuestas en relación a la ganancia y pérdida de energía.

En cuanto al segundo proceso, en 1987 se puede observar que el centro urbano presentó mayores temperaturas superficiales que sus alrededores, un claro efecto de *isla de calor*. Se destaca que al noroeste del centro existe un punto caliente que coincide con el asentamiento de Metalúrgica Tandil. Por otro lado, el mapa de 2011 mostró un efecto de *isla fría* bien marcado con temperaturas bajas en el centro y puntos calientes en los alrededores.

Al analizar los mapas correspondientes al Índice de Vegetación Estandarizado, se observó una clara modificación de la superficie verde en el área de estudio. En 1987 la ciudad presentó una menor proporción de vegetación en un área reducida del centro de la ciudad y sus alrededores, mostraron grandes áreas donde predominaban las áreas vegetadas. Incluso se pudieron distinguir en el centro de la ciudad los centros de manzana donde predominaba la vegetación. En cambio, en el mapa de 2011 se presentó una menor proporción de vegetación generalizada en la ciudad, con la desaparición casi por completo de los centros de manzana verde en el centro de la ciudad y un crecimiento muy importante de la superficie sin vegetación, especialmente al este y al norte de la ciudad.

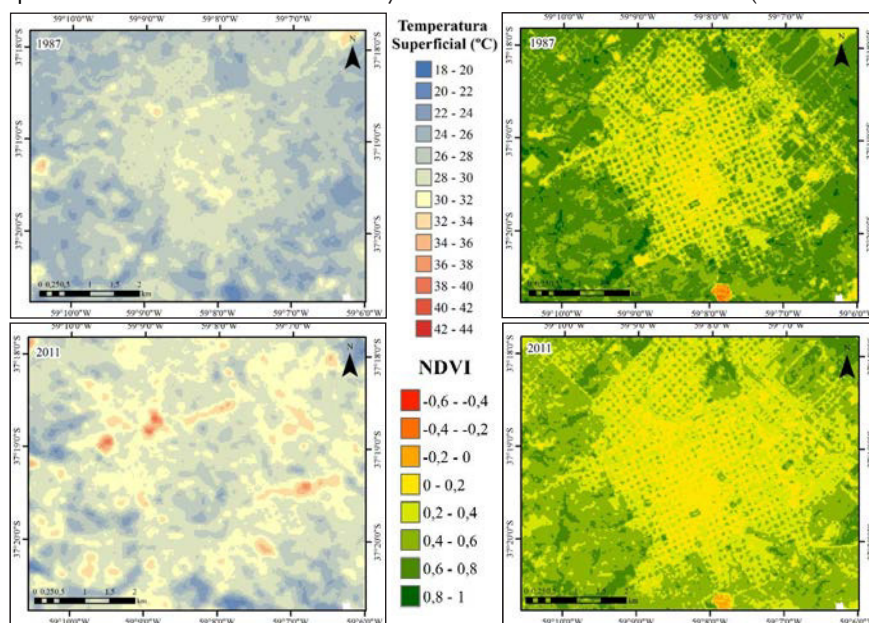
Estudiar ambos parámetros en conjunto permite analizar los cambios y sus relaciones. Las tasas de ganancia y pérdida de energía son distintas en cada cobertura, las áreas verdes son reguladores térmicos por su gran contenido de agua. Debido a esta propiedad, su temperatura presenta menores variaciones a lo largo del día, como así también durante el año. Por otro lado, los materiales que se presentan en las áreas construidas, con sus variaciones, poseen la capacidad de ganar y perder energía rápidamente, por lo cual su amplitud térmica es muy alta. Es por ello que el aumento de la amplitud térmica está asociado

a la reducción de áreas verdes cuyo comportamiento regulador permite disminuir las diferencias térmicas al interior de la ciudad. Por otro lado, el cambio de signo en la isla térmica es causado por el aumento de las superficies densamente construidas en el área central de la ciudad, cuyos comportamientos térmicos son opuestos a las áreas verdes que siguen presente en los alrededores del centro.

Según Carnahan y Larson (1990) el fenómeno de *isla fría* tiene su máxima expresión durante la mañana, ya que los materiales que dominan en las construcciones urbanas ganan temperatura durante el día y la pierden a la noche, por lo que las primeras horas de la mañana están más fríos que las áreas verdes que tiene el comportamiento opuesto por su carácter regulador. De esta manera se explican los cambios que la densificación de la ciudad ha generado sobre los comportamientos térmicos de la ciudad.

Es importante destacar que estos fenómenos son los observados durante la mañana y que pueden cambiar a lo largo del día como consecuencia de la marcha diaria de la temperatura y las capacidades térmicas de los distintos materiales presentes en el área urbana. Además, cabe resaltar que las imágenes satelitales nos proporcionan la temperatura superficial de los materiales, y no la temperatura atmosférica que los rodea, por lo que pueden existir diferencia con mediciones de estos parámetros según su fuente.

Mapa 2. Evolución de la isla térmica y el NDVI de la ciudad de Tandil (1987 - 2011)



Fuente: elaboración personal

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

Este trabajo presentó la evolución de la isla térmica superficial de la ciudad de Tandil (1987–2011) utilizando como base imágenes satelitales del Landsat 5 TM. El análisis demostró que la isla térmica superficial urbana aumentó su intensidad en 8 °C como producto de los cambios en los materiales que conforman la ciudad.

Por otro lado, se presentaron variaciones en la distribución espacial de las temperaturas. En 1987 se observó una *isla de calor*, mientras que en 2011 el fenómeno fue una *isla fría*. Este cambio puede ser atribuido al reemplazo en el área central de la ciudad de áreas vegetadas por construcciones densas cuyos comportamientos térmicos son opuestos.

A partir de los datos relevados en este trabajo se propone una mejora al Plan de Desarrollo Territorial de la ciudad de Tandil, tendiente a mejorar la regulación térmica del área térmica. Se deberían generar espacios verdes en todas aquellas áreas del centro donde sea posible. Básicamente se propone: solicitar a los nuevos emprendimientos inmobiliarios la inclusión en sus proyectos de techos verdes, aumentar la densidad de arbolado público y en los grandes espacios de estacionamiento, requerir pavimentos porosos y árboles.

REPLICABILIDAD

Esta metodología puede ser replicada en cualquier ciudad del mundo ya que las imágenes Landsat están disponibles de manera gratuita y tienen una cobertura global. Además el software utilizado en este trabajo es libre y puede ser descargado de <http://qgis.org/es/site/>, al igual que el plugging SemiAutomatic Classification Pluggin (<http://fromgistors.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html>).

BIBLIOGRAFÍA

- Aniello, C.; Morgan, K.; Busbey, A.; Newland, L. (1995). Mapping micro-urban heat islands using Landsat TM and GIS. *Computers & Geosciences*. 21 (8):965-969.
- Carnahan, W. H.; Larson, R. C. (1990). An Analysis of an Urban Heat Sink. *Remote Sensing of Environment*. 33:65-71.
- Chander, G.; Markham, B. L.; Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 11(3):893-903.
- Chavez, P. S. (1989). Radiometric Calibration of Landsat Thematic Mapper Multispectral images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.

- 55(9):1285-1294.
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio*. Editorial Planeta, S. A. Barcelona..
- De Jong, S. M.; Van der Meer, F. D. (2005). *Remote Sensing Image Analysis: including the spatial domain*. Kluwer Academic Publishers. New York.
- Gallo, K. P.; Tarpley, J. D.; McNab, A. L.; Karl, T. R. (1995). Assessment of urban heat islands: a satellite perspective. *Atmospheric Research*, 37:37-43.
- Jimenez Muñoz, J. C.; Sobrino, J. A. (2004). A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research*. 108 (D22):1-9.
- Lan, D.; Linares, S.; Di Nucci, J.; López Pons, M. M. (2010). La lógica de la organización espacial de la ciudad de Tandil. *Agentes Econômicos e restauração urbana regional. Tandil e Uberlândia*. Editora Expressão Popular, San Pablo, Brasil. pp. 29-155.
- Matson, M.; McClain, E. P.; McGinnis, D. F.; Pritchard, J. A. (1978) Satellite detection of Urban Heat Island. *Monthly Weather Review*. 106:1725-1734.
- Peña, M. (2009) Examination of the land surface temperature response for Santiago, Chile. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 75(10):1191-1200.
- Pérez González, M. E.; García Rodríguez, M. P. (2002). Cartografía térmica del área metropolitana de Madrid a partir del sensor ERM del Landsat 7. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. Volumen extraordinario. pp. 377-386.
- Pérez González, M. E.; García Rodríguez M. P.; Guerra Zaballo, A. (2003). Análisis del clima urbano a partir de imágenes satélite en el centro de la peninsular española. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 23:187-206.
- Voogt, J. A.; Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86:370-384.
- Weng, Q. (2010). *Remote Sensing and GIS integration. Theories, Methods and Applications*. McGraw-Hills. New York.

DETECCIÓN DE ÁREAS URBANAS CON PELIGRO DE INUNDACIONES

— Natasha Picone —

INTRODUCCIÓN

Las urbanizaciones generan modificaciones a la dinámica natural del escurrimiento superficial, lo que lleva a una redefinición del concepto de cuenca, ya que se ven alteradas por la presencia de pavimentos, espacios verdes y escurrimientos sub-superficiales artificiales (boca de tormentas, cordón cuneta, alcantarillados, entre otros). Pero a su vez la dirección de flujo sigue estando influenciada por la topografía natural, es por ello que para analizar el escurrimiento superficial de áreas urbanas se deben tener en cuenta aspectos naturales y artificiales de la red de drenaje (Aldalur, 2011). Las principales diferencias entre una cuenca natural y una cuenca urbana, es que esta última presenta un elevado porcentaje de superficies impermeables y que en ella existen puntos de entrada de agua artificiales (Nanía y Gómez, 2006). Ambas artificializaciones modifican los comportamientos de las aguas de lluvias; la primera incrementa el volumen de escorrentía por la impermeabilización del suelo, mientras que los drenajes ayudan a que el agua discurra de manera sub-superficial, aunque muchas veces esto no es suficiente (Zapperi, 2012).

Actualmente existen dos formas básicas de entender la regulación de los caudales urbanos. En primer lugar, aquellas intervenciones que tiene como concepto básico el drenaje lo más rápidamente posible del agua que escurre superficialmente. Dentro de este tipo de medida se encuentran las obras de hidráulica tipo boca de tormenta o cordón cuneta. Por otro lado, se encuentran aquellas obras que buscan el retardo del caudal, como por ejemplo, un dique o la utilización de vegetación para retener el escurrimiento superficial (Mompalmer y Domenech, 2008).

Para poder analizar la diversidad de escenarios que se plantean en el escurrimiento superficial de la ciudad es necesario poder modelizarlo. En la última década la utilización de modelos hidrológicos para comprender el escurrimiento superficial ha ido en aumento. Esta metodología permite evaluar y comprende los sistemas de cuencas. Según Linares (2012) la construcción de modelos permite realizar predicciones, estudiar tendencias de evolución (previsión) y emplearlos como instrumentos para analizar los distintos modos de comportamiento que puede tener un sistema. El desarrollo del Modelo AQUA II (Rinaldi y Dalponte, 2003) constituyó un proyecto interdisciplinar en el Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA), cuyo objetivo fue modelizar el escurri-

miento superficial en la cuenca Santa Catalina del partido de Azul.

METODOLOGÍA

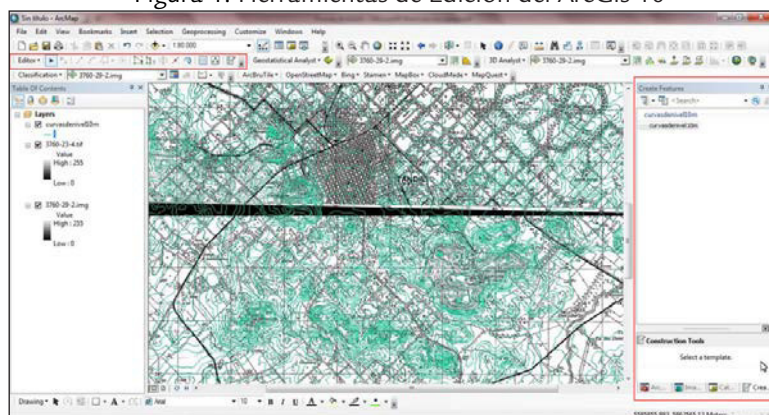
El análisis se realizó en el modelo AQUA II, el cual es un algoritmo de simulación de escurrimiento superficial por celdas, desarrollado por Delponte y Rinaldi (2003). El mismo utiliza como fuente principal de información un Modelo digital del Terreno (DEM), el que debe ser ingresado al programa como una grilla en TXT. En cada simulación que realiza el programa se ejecutan de manera secuencial tres modelos: escurrimiento superficial, el de infiltración y el de precipitación. Como resultado se obtiene la acumulación en el nivel de agua que posee cada celda.

Se utilizaron dos DEM del área de la ciudad de Tandil para simular, en primer lugar, el drenaje natural que debería tener la zona de la ciudad y el drenaje artificial que tiene actualmente el área de estudio.

El DEM correspondiente al drenaje natural se generó en el ArcGis 10 a partir de la digitación de las cartas topográficas 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) correspondientes al área de estudio (3760-29-2 Sierras de Tandil y 3760-23-4 Tandil; equidistancia de 10 m y 5 m respectivamente):

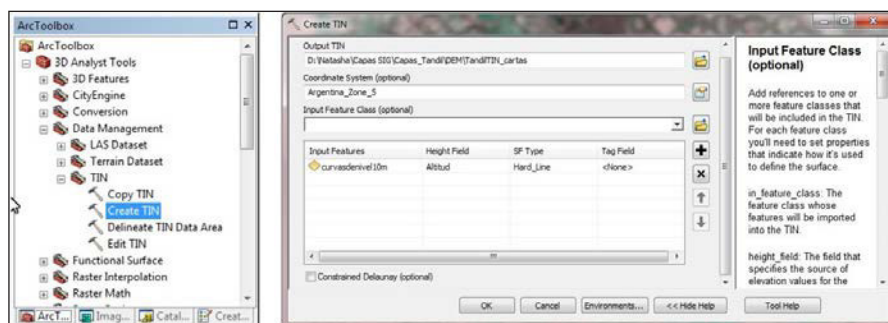
- En primer lugar, se vectorizaron las curvas de nivel y los puntos altimétricos presentes en las cartas con la herramienta de *Editor* (Figura 1).
- Luego se procedió a crear el TIN a partir de los shapefiles generados en el paso anterior con la herramienta *3D Analysis Tools – Data Management – TIN – Create TIN* (Figura 2).
- Por último, se creó un DEM a partir del TIN con la herramienta *3D Analysis Tools – Conversion – From TIN – To Raster* (Figura 3)

Figura 1. Herramientas de Edición del ArcGis 10



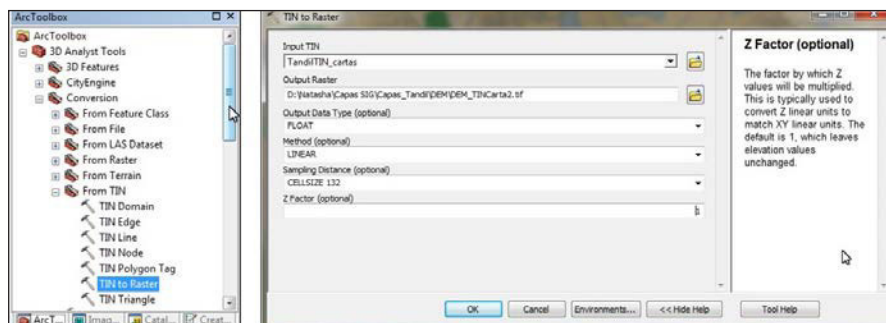
Fuente: elaboración personal

Figura 2. Herramientas de Creación de TIN del ArcGis 10



Fuente: elaboración personal

Figura 3. Herramientas de Conversión de TIN a DEM del ArcGis 10



Fuente: elaboración personal

El segundo DEM utilizado es un modelo complejo. La base del modelo es un DEM generado por el SRTM (sensor activo del USGS) el cual fue descargado del earthexplorer.usgs.gov con resolución espacial de 90 metros. Teniendo en cuenta las características del drenaje urbano (boca de tormenta, arroyos entubados y diques), se generaron áreas de pérdida de caudal para que no se sobreestime el escurrimiento superficial¹.

Otra fuente de información requerida por el modelo AQUA es la presencia de ríos o arroyos en los cuales el agua discurra de manera encausada. La red se obtuvo a partir de información de diversas fuentes: cartas topográficas, plano de las obras de hidráulica, entre otros.

La simulación requiere de datos de precipitación, los mismos fueron obtenidos de una red de diez pluviómetros localizados en distintas áreas de la ciudad y cuyo registro es entre octubre de 2008 y junio de 2013. Se analizaron todos los eventos de precipitación ocurridos en ese período y se seleccionaron dos

¹ Este DEM fue proporcionado por la Lic. Lorena La Macchia (La Macchia, 2014).

casos de precipitaciones registradas en un período de 3 horas (18/02/2012 y 24/11/2012). Las mismas fueron producidas por avances de ondas frontales. A partir de los datos recabados se elaboraron los hietogramas (Cuadro 1) el cual debe ser ingresado al programa en formato TXT.

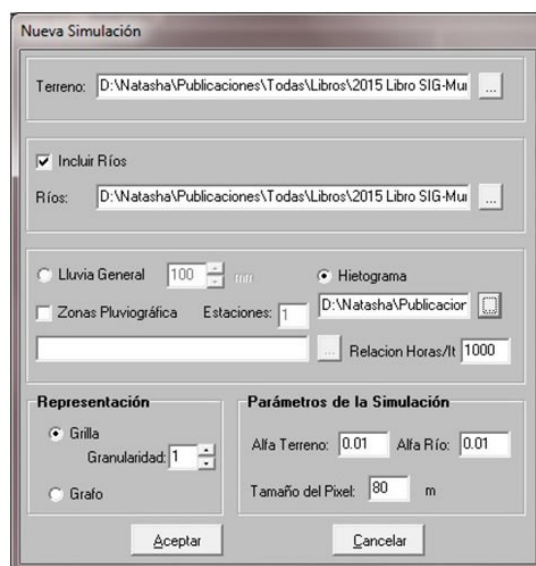
Cuadro 1. Distribución de las precipitaciones utilizadas en el tiempo

	1 h	2 h	3 h	Total
18/02/2012	15,34	20,09	37,27	72,70
24/11/2012	9,6	12,60	23,32	45,52

Fuente: elaboración personal

El ingreso de los datos al AQUA II se realiza a través de la pestaña *Archivo-Nueva Simulación*. En ella se deben cargar en *Terreno* el DEM, *Ríos* la capa en la cual se encuentren los arroyos, y por último al seleccionar *Hietograma*, cargar el TXT que tenga cargada las precipitaciones por hora (Figura 4).

Figura 4. Ingreso de datos en el programa AQUA II



Fuente: elaboración personal

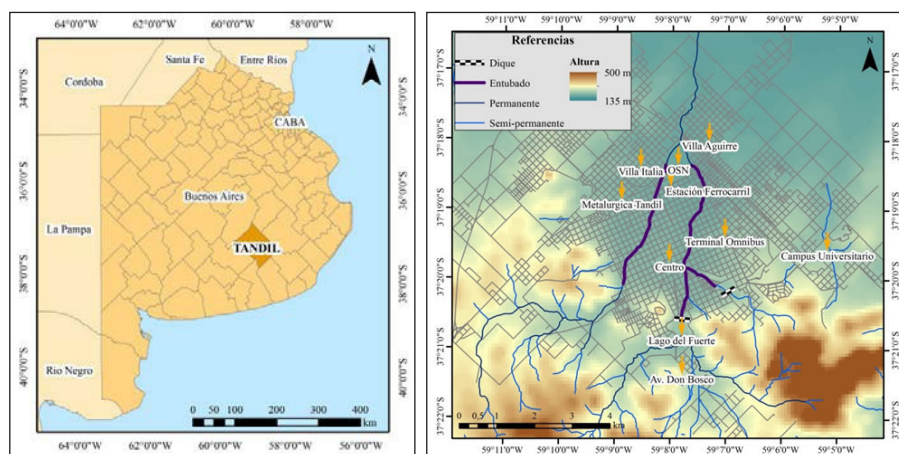
RESULTADOS

La ciudad de Tandil se localiza en la cuenca superior del arroyo Langueyú.

En ella se encuentran sus dos afluentes, el arroyo Blanco y Del Fuerte. Los mismos discurren con sentido sur-suroeste – norte y son colectores de toda la zona serrana que rodea a la ciudad (Mapa 1). La ubicación de la ciudad sobre dichos cauces generó que varias zonas del área urbana sufran inundaciones sucesivas, lo que llevó a la generación de obras para mejorar el escurrimiento superficial.

Las obras de hidráulica comenzaron luego de que en 1951 una grave inundación afectara a gran parte de la ciudad, lo que llevó a la construcción de un dique de contención inaugurado en 1962, que generó un embalse artificial conocido como Lago del Fuerte. En la década de 1970 se realizó el entubamiento del arroyo Del Fuerte y una década más tarde el del arroyo Blanco. A pesar de toda esta infraestructura, el área al sureste del centro continuaba presentando problemas de drenaje, es por ello que en 2012 se inauguró el Dique Seco, para regular el escurrimiento superficial de las aguas provenientes del cordón serrano. Este trabajo analiza los efectos de las modificaciones al drenaje natural en la ciudad de Tandil.

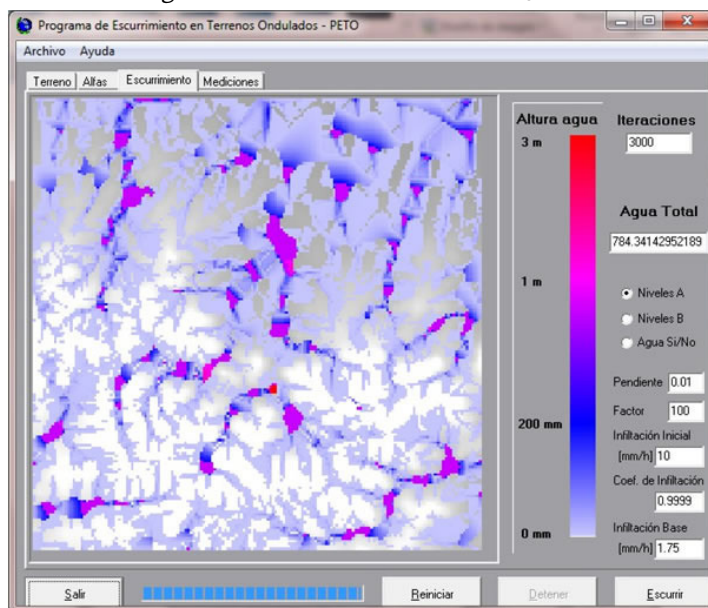
Mapa 1. Resultado del modelo AQUA II



Fuente: elaboración personal

El modelo AQUA II da como resultado una imagen en la cual se muestran las áreas donde se producen las inundaciones (Figura 5) como resultado de las interacciones que el usuario le determinó. Al analizar un hietograma de 3 horas, las interacciones son 3000. Como se puede observar, la mayor acumulación de agua se presenta en los tonos violetas y rojos. La imagen resultante puede ser exportada en formato BMP para ser trabajada en otro software. En el caso de este trabajo la misma fue importada al ArcGIS 10.

Figura 5. Resultado del modelo AQUA II



Fuente: elaboración personal

La imagen importada está compuesta por dos bandas con datos. La primera de ellas muestra todas las áreas en las cuales se producen pequeñas inundaciones que son rápidamente escurridas, mientras que en la banda 2 se presentan las áreas donde la acumulación de agua fue superior al metro. Para analizar las diferencias en aquellas zonas de mayor inundación se utilizó la última banda descrita de cada una de las simulaciones.

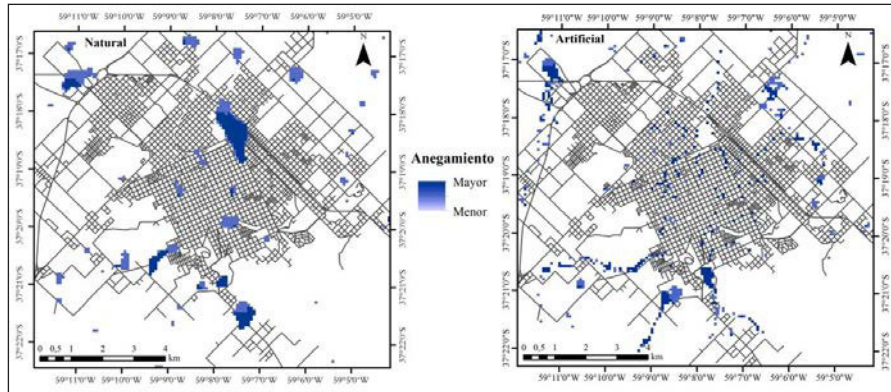
En los mapas que se presentan a continuación se comparan los escurrimientos superficiales obtenidos para las dos precipitaciones analizadas en condiciones naturales y artificiales (incluyendo las obras de hidráulica). En ellos se observaron cambios importantes y además una diferenciación según la cantidad de agua caída.

En el Mapa 2 se observan las áreas inundadas generadas por las precipitaciones del 18/02/2012. La zona central mostró un mejor drenaje gracias a las obras de hidráulica evitando la inundación de las zonas cercanas a la estación del Ferrocarril. El dique seco evitó la acumulación de agua al sureste del centro, mientras que las bocas de tormenta previenen la inundación principalmente de las zonas alrededor de Obras Sanitarias.

Por otro lado, existen áreas en las que aún persisten las problemáticas con respecto al drenaje del agua. Las mismas son: el Parque Industrial, al noreste de Villa Aguirre; la Avenida Don Bosco y el suroeste de la ciudad en cercanías

al área serrana. En todas ellas las obras realizadas hasta el momento no han tenido efecto.

Mapa 2. Áreas de inundación en la precipitación de 18/02/2012

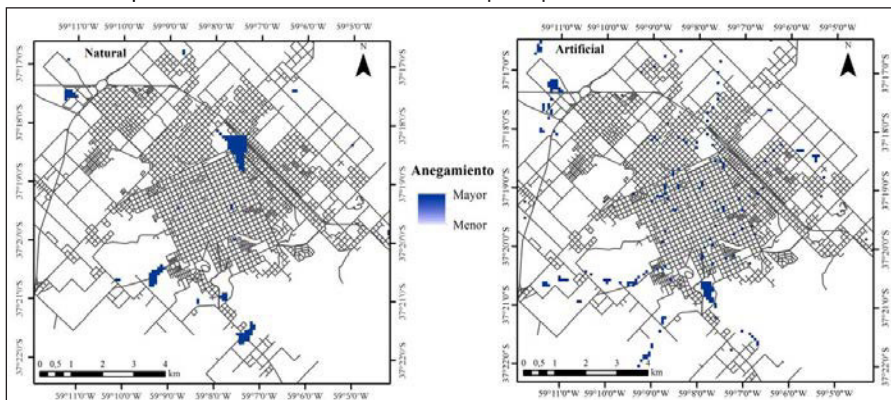


Fuente: elaboración personal

La precipitación del 24/11/2012 fue un 38% inferior a la analizada previamente, por lo tanto las áreas con problemáticas son menores. A pesar de ello, dicho análisis es muy relevante ya que muestra las zonas que con lluvias de menor intensidad presentaron dificultades en el drenaje del agua de lluvia.

El área que muestra una mejora importante se localiza entre la estación de Ferrocarril y la Ruta Nacional N° 226. A pesar de ello, las zonas en que aún se observan problemáticas son: el Parque Industrial y las áreas serranas del suroeste de la ciudad.

Mapa 3. Áreas de inundación en la precipitación de 24/11/2012



Fuente: elaboración personal

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

Se debe destacar la potencialidad del modelo AQUA II para analizar los drenajes superficiales de pequeñas áreas. En cuanto a su aplicación al estudio de escurrimiento superficial urbano, a partir de la modificación de DEM los resultados son muy interesantes. A pesar de ello existe una variable que es la de impermeabilización que sería interesante incluirla en futuros trabajos, ya que en áreas urbanas puede generar variaciones en la infiltración del agua.

En cuanto a los resultados obtenidos en las comparaciones del drenaje natural y el artificial, se destaca que las obras realizadas hasta el momento han tenido impacto directo sobre el escurrimiento superficial del área central de la ciudad. Por otro lado, las áreas que no están influenciadas por las mismas, continúan con algunos problemas de drenaje. En las zonas de inundación generadas por su cercanía a las áreas serranas se podrían implementar medidas de gestión cuyo objetivo sea el retardo del flujo, a fin de reducir los caudales (Bertoni, 2003). Un buen ejemplo de este tipo de medidas es la densificación de vegetación propia de la zona. Como medida suplementaria para evitar el incremento de los caudales se debe impedir la impermeabilización de la zona mediante la construcción.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Pablo Rinaldi por facilitarnos el Modelo AQUA II y por sus aportes para la utilización de dicho modelo. Un especial agradecimiento a la Lic. Lorena La Macchia quien facilitó los resultados de su tesis de licenciatura para la comparación de los drenajes artificiales del área urbana.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldalur, B. (2011). *Inundaciones y anegamientos en Ingeniero White. Aplicación de tecnologías de la información geográfica para la planificación y gestión de la hidrología urbana. Tesis doctoral de Geografía*. Departamento de Geografía y Turismo, UNS. Bahía Blanca. Buenos Aires.
- Bertoni, J. C. (2003). Argentina. *Inundações urbanas na America do Sul*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Primera edición. Porto Alegre. pp. 120-184.
- Dalponete, D. y Rinaldi, P. (2003). *AQUA II: Modelo Numérico para la simulación de inundaciones en llanuras*. IHLLA-UNCPBA. Buenos Aires. 77 p.
- La Macchia, L. (2014). Modelización y análisis espacial del drenaje urbano de la ciudad de Tandil mediante TIG's. *II Jornadas Nacionales de Ambiente*. Tandil, 19 al 21 de noviembre de 2014. pp. 493-502.
- Linares, S. (2012). *Análisis y Modelización de la Segregación Socioespacial en Ciudades*

- Medias Bonaerenses mediante Sistemas de Información Geográfica: Olavarría, Pergamino Y Tandil (1991 - 2001)*. Tesis doctoral de Geografía. Departamento de Geografía y Turismo, UNS. Bahía Blanca. Buenos Aires.
- Momparler, S., & Doménech, A. (2008). Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia. *Revista Técnica de Medio Ambiente*, 124:92-104.
- Nanía, L. y Gómez, V. (2006). *Ingeniería Hidrológica*. 2da. Edición. Grupo Editorial Universitario. Granada, España.
- Zapperi, P. A. (2012) *Hidrografía urbana de Bahía Blanca*. Tesis doctoral de Geografía. Departamento de Geografía y Turismo, UNS. Bahía Blanca. Buenos Aires.

CONSIDERACIONES FINALES

Estamos transcurriendo un período óptimo para el desarrollo de conocimiento y aplicaciones en el campo de los SIG orientados a dar soluciones espaciales a problemas sociales urbanos. Son diversos los factores que configuran este contexto propicio. Dentro de los factores tecnológicos podríamos citar la reducción de los costos de hardware y software, el desarrollado de gran número de software libres y gratuitos con destacadas prestaciones funcionales; las posibilidades de vincular los SIG a todo tipo de sistemas, el mejor tratamiento de los datos gráficos e incorporación de nuevas formas de visualización; la mayor cantidad de datos geográficos digitales disponibles y la introducción de los SIG en Internet. No menos importantes son los factores socioculturales, con el advenimiento de la Neogeografía, en donde los ciudadanos emplean y producen información geográfica en el desarrollo de sus tareas cotidianas, la trascendencia de la dimensión espacial en muchas disciplinas científicas, la aceptación generalizada sobre la necesidad de contar con información sobre los factores y condiciones locales en la toma de decisiones gubernamentales, la sistematización y convergencia de los avances teóricos y metodológicos en el campo transdisciplinario de la Ciencia de la Información Geográfica (*GIScience*), la creciente oferta educativa superior en esta área del conocimiento y la orientación de aplicaciones y formación de especialistas con acento en la resolución de problemáticas socialmente significativas.

Sin embargo, vemos como inconveniente que la tecnología se desarrolla más rápidamente que las habilidades para usarla (brecha tecnológica). El ritmo de desarrollo de los SIG desde el año 2000 hasta la actualidad, ha superado las habilidades de gestión institucional y actualmente los sistemas poseen capacidades, en muchos casos, desconocidas para los funcionarios y empleados de las instituciones públicas de gobierno. El grado en el que los recursos humanos en las instituciones de gobierno mejoren sus habilidades en el manejo de estas tecnologías, influirá directamente en la calidad de las aplicaciones y alcance de las soluciones espaciales. Estamos profundamente convencidos que para aprovechar al máximo las capacidades analíticas de las TIG es necesaria la formación continua de los recursos humanos, y en este sentido, es fundamental la capacidad de las instituciones de educación superior de proporcionar parte de la capacitación que se precisa.

Creemos que este libro es un aporte en este sentido, describiendo procedimientos y fundamentos sobre una serie de aplicaciones a las áreas municipales de Desarrollo Social, Salud, Educación, Catastro, Obras Públicas y Servicios y Gestión Ambiental, cuya finalidad varía según la profundidad de los análisis que van desde la construcción de base de datos, descripciones, clasificaciones y asociaciones, hasta análisis más complejos de diagnósticos, interacciones,

evaluaciones y simulaciones. En todos los casos, lo que se pretende es generar nueva información geográfica (a partir de un modelo del espacio geográfico), para incrementar el conocimiento sobre procesos socioespaciales y dar soporte a la toma de decisiones territoriales.

Aunque consideramos oportuna nuestra contribución, resulta demasiado acotada para tan vasta área de aplicación, es por ello que a modo de cierre presentamos una sistematización de potenciales áreas de aplicación de soluciones espaciales a problemas sociales urbanos, no desarrolladas en extenso en este libro, confeccionada a partir de una selección de aplicaciones publicadas en la literatura especializada y experiencias profesionales propias a modo de guía de referencia a los interesados en avanzar y aportar en esta área del conocimiento.

- Planificación de áreas urbanas, detección de coexistencia de usos inapropiados, crecimiento de la mancha urbana de manera irregular con los consecuentes problemas de carencia de servicios básicos y pérdida de ambientes naturales.

- Diseño de obra pública (pavimento, desagües, alumbrado, grandes obras viales, redes de servicio, etcétera), analizando el costo en función de las posibles expropiaciones y/o servidumbres y evaluando el impacto a nivel de parcelas beneficiadas y población destinataria de la obra.

- Regularización de asentamientos irregulares y disminución de la pobreza urbana, mediante la teledetección de asentamientos irregulares. Es posible cuantificar el volumen de viviendas involucradas y buscar la adecuación a las normativas urbanas, la provisión de servicios básicos, la integración a la dinámica urbana y gestionar el otorgamiento de títulos válidos a los habitantes de dichos asentamientos.

- Gestión de equipamientos colectivos, dirigido a servicios tales como centros de atención primaria de la salud, centros educativos, centros culturales, etcétera. Proporcionan información sobre los centros ya existentes y ayudan en la planificación de nuevas localizaciones en base a los criterios de eficiencia y equidad.

- Gestión de infraestructuras, como desarrollo, mantenimiento y gestión de redes de electricidad, gas, agua, teléfonos, alcantarillado, etcétera. La producción de planos, así como las evaluaciones medioambientales y económicas y la posibilidad de elaborar cualquier tipo de consulta, son las funciones más comunes en estos sistemas.

- Aplicaciones catastrales tales como determinación de esquemas impositivos a la propiedad, analizando las “alícuotas” utilizadas para el cálculo del tributo, análisis y actualización de normativas urbanas, ejecución de valuaciones masivas con fines tributarios y recuperación de plusvalías.

- Indicadores socioespaciales que permiten mostrar distintas variables econó-

micas y sociales en su distribución espacial y evolución temporal (ingresos, características habitacionales, desnutrición, mortalidad infantil, etcétera). Gracias a esta información es posible diseñar políticas a implementar para su corrección, y posteriormente, evaluar el impacto de las mismas.

- SIG para servicios directos al contribuyente, en donde la publicación de datos geográficos en Internet permiten al contribuyente obtener información del Estado en su casa u oficina sin laboriosos trámites. Por ejemplo, podría muy fácilmente encontrar cuál es el distrito escolar que corresponde a su domicilio o el lugar para votar, u obtener el registro que conserva Catastro referido a su propiedad.

- Servicios de emergencia y seguridad pública, dentro de las aplicaciones más reconocidas son aquellas que analizan y evalúan riesgos y consecuencias en desastres y catástrofes naturales, con el fin de desarrollar planes de actuación ante su presencia. La información sobre la ubicación del incidente o desastre como incendios, derrumbes, atentados es crucial para determinar cómo responder al suceso y aminorar las consecuencias humanas y materiales de estos incidentes.

- Prevención del delito, los SIG se usan por las autoridades encargadas de la prevención de delitos para recolectar la ubicación y frecuencia de los mismos como punto de partida para interpretar patrones y tendencias, permitiendo planificar en forma más eficiente las patrullas y la ubicación de los recursos policiales.

- Logística, la posibilidad de estudiar en un marco geográfico la red de interconexión de la red vial, ya sea en una ciudad o en zonas interurbanas, permite a los especialistas en transporte y logística la optimización de los recursos y demandas de transporte, el cálculo de caminos óptimos o de mínima fricción entre dos o más puntos de la red o la resolución del problema del viajante mediante la integración de la tecnología GPS que permite la visualización de los vehículos en la computadora (AVL).

- Infraestructura de transporte, los SIG se usan en transporte para realizar el inventario vial, en este sentido se utiliza para registrar tramos de caminos, señalización, tipo de material, tránsito, cruces de ruta, descansos, servicios al transportista, accidentes. Toda esta información permite la planificación de nuevas obras de infraestructura lineales, conservación de las obras existentes, información al transportista, viajeros y usuarios en general, planificación y control de los servicios de transporte interurbano de pasajeros, zonas servidas y deficiencias.

- Gestión del tráfico, se utiliza para modelizar el comportamiento del tráfico estableciendo modelos de circulación por una vía en función de las condiciones de tráfico y longitud. Se puede, gracias a ello, deducir el camino más corto en distancia o en tiempo entre dos puntos y simular el efecto que puede

tener un cambio en las condiciones normales de circulación (cortes por obra, manifestaciones, etcétera).

- Gestión del ambiente urbano, aplicaciones desarrolladas por dependencias con jurisdicción en la política ambiental, frecuentemente orientadas a temas como las evaluaciones del impacto ambiental, localización de plantas de tratamiento de desechos, gestión de recursos hídricos y concentración de productos contaminantes en aire, suelo, aguas superficiales y aguas subterráneas, en directa relación con la calidad de vida de los vecinos.

Santiago Linares

AUTORES

Dr. Santiago Linares

Centro de Investigaciones Geográficas (CIG). Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales (IGEHCS), CONICET. Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, UNCPBA. Tandil, Buenos Aires, Argentina

Dr. Gustavo D. Buzai

Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG), Instituto de Investigaciones Geográficas (INIGEO), UNLu, Luján, Buenos Aires, Argentina

Dra. Natasha Picone

Centro de Investigaciones Geográficas (CIG). Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales (IGEHCS), CONICET. Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, UNCPBA. Tandil, Buenos Aires, Argentina

Dra. Adela Tisnés

Centro de Investigaciones Geográficas (CIG). Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales (IGEHCS), CONICET. Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, UNCPBA. Tandil, Buenos Aires, Argentina

Dr. Juan Pablo Celemín

Centro de Investigaciones Geográficas (CIG), UNCPBA. Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales (IGEHCS), CONICET. Tandil, Buenos Aires, Argentina

Lic. Inés Rosso

Centro de Investigaciones Geográficas (CIG). Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales (IGEHCS), CONICET. Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, UNCPBA. Tandil, Buenos Aires, Argentina

Lic. María Lorena La Macchia

Centro de Investigaciones Geográficas (CIG). Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales (IGEHCS), CONICET. Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, UNCPBA. Tandil, Buenos Aires, Argentina

Tco. Mauro Ortmann

Centro de Investigaciones Geográficas (CIG). Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales (IGEHCS), CONICET. Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, UNCPBA. Tandil, Buenos Aires, Argentina

“El libro es de gran valor académico y de utilidad para alumnos en Geografía y estudiantes, practicantes, técnicos y profesionales interesados en las herramientas geomáticas aplicadas a la gestión local”.

“Las aplicaciones son un valioso material pedagógico para estudiantes universitarios de pregrado y profesionales municipales que necesiten manejar la dimensión territorial en sus análisis sectoriales.”

“La batería de procedimientos expuestos se pueden entender como una excelente introducción al uso de tecnologías de información geográfica, en especial los SIG y en menor medida la percepción remota, geoestadística y sistemas de posicionamiento global”.

“El énfasis de los métodos está en las labores de ingreso de datos, gestión de datos, catastros, diagnósticos, análisis espacial y relaciones de distribuciones espaciales con variables sociales, económicas, ambientales y urbanas que le dan una perspectiva indefectiblemente geográfica”.

“Un punto que se debe destacar y valorar en esta contribución es el uso de fuentes de información municipal, por su pertinencia, calidad y actualidad; generando una convergencia entre el mundo científico y el mundo profesional ligado a las políticas públicas. Este es uno de los puntos más valorables del libro ya que conecta y re-encausa el motivo central de la investigación científica que es preocuparse de los problemas reales de la población, comunidad y desarrollo local, que a nivel municipal es donde mejor se expresan”.

DR. CRISTIÁN GONZALO HENRÍQUEZ RUIZ
Instituto de Geografía
Pontificia Universidad Católica de Chile