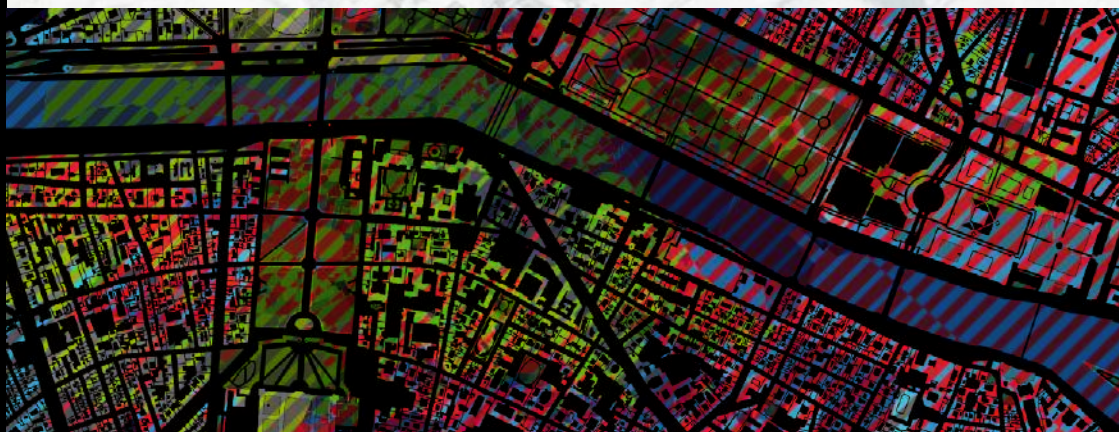


Sistemas de Información Geográfica en la investigación científica actual



Marina Miraglia, Nicolás Caloni y Gustavo D. Buzai
(organizadores)



Universidad
Nacional de
General
Sarmiento

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN
LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA ACTUAL

Marina Miraglia, Nicolás Caloni y Gustavo D. Buzai
(organizadores)

Sistemas de Información Geográfica en la investigación científica actual

Claudia A. Baxendale, Gustavo D. Buzai, Graciela Cacace, Nicolás Caloni,
Vicente Deluca, Pamela Flores, Manuel Fuenzalida Díaz, Luis M. Humacata,
Andrés Juárez, Malena Libman, Santiago Linares, Patricia I. Lucero,
Mariana Marcos, Silvia D. Matteucci, Marina Miraglia, Liliana Ramírez,
Marcela Rivarola y Benítez y Marcelo Villanueva.



Universidad
Nacional de
General
Sarmiento

Sistemas de información geográfica en la investigación científica actual / Claudia Baxendale ...
[et.al.] ; coordinado por Marina Miraglia ; Nicolás Caloni ; Gustavo Daniel Buzai. - 1a ed. -

Los Polvorines : Universidad Nacional de General Sarmiento, 2015.
E-Book.- (Cuestiones metropolitanas)

ISBN 978-987-630-209-8

1. Geografía. 2. Sistemas de Información Geográfica. I. Baxendale, Claudia II. Miraglia, Marina , coord. III. Caloni, Nicolás, coord. IV. Buzai, Gustavo Daniel, coord.
CDD 910

Fecha de catalogación: 19/05/2015

EDICIONES **UNGS**

© Universidad Nacional de General Sarmiento, 2015
J. M. Gutiérrez 1150, Los Polvorines (B1613GSX)
Prov. de Buenos Aires, Argentina
Tel.: (54 11) 4469-7578
ediciones@ungs.edu.ar
www.ungs.edu.ar/ediciones

Diseño y diagramación de colección:
Andrés Espinosa - Departamento de Publicaciones - UNGS
Corrección: Gustavo Castaño

ISBN: 978-987-630-209-8
Hecho el depósito que marca la Ley 11723
Prohibida su reproducción total o parcial
Derechos reservados



Libro
Universitario
Argentino

Índice

Prólogo.....	11
--------------	----

PARTE I: Sistemas de Información Geográfica actuales

Teoría.....	19
1. Geografía, ordenamiento territorial y Sistemas de Información Geográfica. Articulaciones conceptuales para aplicaciones en la planificación y gestión territorial / Claudia A. Baxendale	21
2. Perspectivas teóricas de la Geografía en la evolución de los Sistemas de Información Geográfica / Gustavo D. Buzai	33
3. La perspectiva del análisis espacial en los Sistemas de Información Geográfica / Manuel Fuenzalida Díaz.....	49
Metodología.....	59
1. Medidas de segregación socioespacial y Sistemas de Información Geográfica. Presentación de la aplicación SpatialSeg / Santiago Linares	61
2. Modelos de localización óptima para evaluar el grado de justicia territorial en equipamientos colectivos / Liliana Ramírez	77
Aplicación	95
1. La caja de herramientas del analista espacial en Epidemiología / Manuel Fuenzalida Díaz.....	97

2. Mortalidad infantil, precariedad en las condiciones de vida y territorio. Análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica / Patricia I. Lucero	109
3. El uso de Sistemas de Información Geográfica en Ecología / Silvia D. Matteucci.....	123

PARTE II: Equipos de investigación

Universidad Nacional de Luján: Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG-UNLU) ..	139
--	-----

1. Análisis de evaluación multicriterio en la determinación de sitios candidatos para la localización de establecimientos educativos. Caso de aplicación: escuelas de educación primaria básica (EPB) en la ciudad de Luján / Graciela Cacace	141
---	-----

2. Regionalización sociohabitacional de la provincia de Buenos Aires. Aplicación de técnicas de estadística espacial con Sistemas de Información Geográfica / Luis M. Humacata	167
---	-----

3. Análisis socioespacial de las condiciones sociohabitacionales de la Aglomeración Gran Buenos Aires / Mariana Marcos	185
--	-----

4. Análisis espacial del riesgo tecnológico y población. Diagnóstico y propuestas de justicia socioambiental mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica. Caso de aplicación a nivel municipal: Luján (provincia de Buenos Aires), 2010-2013 / Nicolás Caloni.....	201
--	-----

Universidad Nacional de General Sarmiento: Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (LABSIG-UNGS).....	217
--	-----

1. Creación de un <i>plugin</i> en Python para QGIS. Tutorial y presentación de una metodología de aprendizaje / Vicente Deluca y Malena Libman	219
---	-----

2. Estudio de áreas verdes urbanas (2000-2011) para los partidos de San Miguel y Moreno de la provincia de Buenos Aires / Pamela Flores, Marcela Rivarola y Benítez, Marcelo Villanueva	231
3. Creación de una Infraestructura de Datos Espaciales para el conurbano bonaerense / Nicolás Caloni y Marina Miraglia	247
4. Avances técnico-metodológicos en los geoservicios del LABSIG-UNGS / Andrés Juárez y Vicente Deluca	263
Sistemas de Información Geográfica (1964-2014). Reflexiones para una síntesis diagnóstica / Gustavo D. Buzai	277

Prólogo

Este libro es el resultado de la reflexión conjunta de docentes-investigadores de dos universidades nacionales¹, en las cuales la tecnología SIG tiene amplio reconocimiento y apoyo para el desarrollo de la docencia y de proyectos de investigación y extensión, entre los aportes más destacados.

Esta publicación propició la participación de investigadores y docentes de los equipos académicos de las universidades nacionales que se encuentran trabajando en el área de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en sus aplicaciones territoriales.

También contó con la participación de invitados nacionales y extranjeros, como Manuel Fuenzalida (Departamento de Geografía de la Universidad Alberto Hurtado de Chile), Silvia Matteucci (Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente –GEPAMA–, Universidad de Buenos Aires), Lilita Ramírez (Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional del Nordeste, Argentina), Patricia Lucero (Universidad Nacional de Mar del Plata) y Santiago Linares (Centro de Investigaciones Geográficas –CIG–, Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires).

El objetivo de esta producción conjunta es presentar experiencias de docencia e investigación en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica en las instituciones educativas de la región, nacionales e internacionales, abriendo la posibilidad de elaborar un banco de datos de experiencias de trabajo en docencia e investigación en tecnologías de la información, y a partir de ello formar redes de intercambio de información y cooperación interinstitucional.

Los aportes se organizan en torno a dos ejes temáticos:

1. **Sistemas de Información Geográfica actuales**, con el siguiente contenido:
 - Teoría
 - Metodología
 - Aplicaciones

¹ Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) y Universidad Nacional de Luján (UNLU).

2. **Equipos de investigación**, con las siguientes unidades académicas participantes:
 - Universidad Nacional de Luján: Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG-UNLU).
 - Universidad Nacional de General Sarmiento: Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (LABSIG-UNGS).

1. Sistemas de Información Geográfica actuales

En el campo de la *teoría*, Claudia Baxendale presenta un interesante trabajo denominado “Geografía, ordenamiento territorial y Sistemas de Información Geográfica. Articulaciones conceptuales para aplicaciones en la planificación y gestión territorial”, en el que hace hincapié en las diferencias que existen entre el *saber en sentido estricto* y el *saber hacer*. La autora considera que las articulaciones conceptuales resultan de utilidad al momento de justificar, delimitar y principalmente contextualizar, desde la teoría y la práctica, trabajos focalizados en aplicaciones con SIG.

Gustavo Buzai, por su parte, presenta un documento denominado “Perspectivas teóricas de la Geografía en la evolución de los Sistemas de Información Geográfica”, en el que describe el proceso intelectual y la revolución tecnológica que marcó el ingreso de los SIG en las actividades geográficas académicas.

Para finalizar este bloque, Manuel Fuenzalida presenta el documento “Análisis espacial en los Sistemas de Información Geográfica”, enmarcado en un contexto multidisciplinar. El autor plantea que el reto para las instituciones formativas es dejar atrás la miopía de que con SIG solo se puede ser técnico y no se puede generar pensamiento crítico.

En el eje de *metodología*, se presenta el trabajo “Medidas de segregación socioespacial y Sistemas de Información Geográfica”, en el que Santiago Linares expone sobre las aplicaciones de los SIG para la modelización y el análisis espacial del proceso de segregación urbana, lo que permite conocer el grado de uniformidad/aglomeración y aislamiento/exposición de los grupos socioeconómicos en las diferentes áreas residenciales.

Asimismo, se presenta el trabajo de Liliana Ramírez “Modelos de localización óptima para evaluar el grado de justicia territorial en equipamientos

colectivos”. En él, la autora explica los orígenes y la evolución de estos modelos y propone diferentes escenarios de territorios, caracterizados por objetivos de eficiencia, equidad o justicia territorial según se desee en un eventual proceso de ordenamiento territorial.

En la sección dedicada a las *aplicaciones*, Manuel Fuenzalida presenta “La caja de herramientas del análisis espacial en Epidemiología”. Según el autor, esta caja versa sobre cálculos de tasa, estandarización de una variable, coeficiente de localización, clasificación ascendente jerárquica y densidad de Kernel.

Patricia Lucero, por su parte, presenta “Mortalidad infantil, precariedad en las condiciones de vida y territorio. Análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica”, en el que examina el comportamiento de aspectos demográficos y socioeconómicos como condicionantes del contexto en los casos de mortalidad infantil y su relación con indicadores epidemiológicos, para reconocer los contrastes socioterritoriales de la región y, entre ellos, de las áreas en situaciones más críticas.

Por último, Silvia Matteucci presenta “El uso de Sistemas de Información Geográfica en Ecología”. A modo de ejemplo, la autora expone dos estrategias en el entorno de los SIG para el estudio de los procesos de distribución y movimiento de especies en un medio heterogéneo: la evaluación multicriterio y el análisis de costo.

2. Equipos de investigación

El Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG) de la Universidad Nacional de Luján, dirigido por Gustavo Buzai, presenta los siguientes trabajos:

En “Análisis de evaluación multicriterio en la determinación de sitios candidatos para la localización de establecimientos educativos”, Graciela Cacace aborda, con datos del año 2008, la localización óptima de establecimientos educativos en la ciudad de Luján. Las técnicas de evaluación multicriterio (EMC) en el ámbito de los SIG permiten obtener mapas con sitios candidatos para la localización de nuevos establecimientos.

En “Regionalización sociohabitacional de la Provincia de Buenos Aires. Aplicación de técnicas de estadística espacial con Sistemas de Información Geográfica”, presentado por Luis Humacata, se seleccionaron 32 variables que abordan aspectos demográficos, de pobreza, educacionales, de habitación, del

régimen de tenencia de la vivienda, del tipo de vivienda y de la infraestructura de servicios. Se obtuvo, como resultado, un modelo sociohabitacional que pone en evidencia las heterogeneidades espaciales internas del área de estudio.

En otro de los trabajos, “Análisis socioespacial de las condiciones sociohabitacionales de la Aglomeración Gran Buenos Aires”, presentado por Mariana Marcos, se construye la base cartográfica de la ciudad y se aplican técnicas de análisis espacial multivariado.

Por último, Nicolás Caloni presenta “Análisis espacial del riesgo tecnológico y población. Diagnóstico y propuestas de justicia socioambiental mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica. Caso de aplicación a nivel municipal: Luján (provincia de Buenos Aires), 2010-2013”. En este estudio, el autor explora las posibilidades de los SIG para combinar los modelos de exposición al riesgo y la vulnerabilidad de la población.

Por su parte, el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de la Universidad Nacional de General Sarmiento (LABSIG-UNGS), dirigido por Marina Miraglia, presenta los siguientes trabajos:

Vicente Deluca y Malena Libman presentan “Creación de un *plugin* en Python para QGIS. Tutorial y presentación de una metodología de aprendizaje”, una propuesta metodológica surgida en el marco de la asignatura Informática Aplicada a los SIG, dictada durante el primer semestre del año 2012. Este *plugin* utiliza toda la potencialidad de la librería OGR/GDAL y la “usabilidad” de la interfaz gráfica del software QGIS.

Por otro lado, Pamela Flores, Marcela Rivarola y Benítez y Marcelo Villanueva exponen su trabajo “Estudio de áreas verdes urbanas (2000-2011) para los partidos de San Miguel y Moreno de la provincia de Buenos Aires”, una propuesta didáctica para el aprendizaje, aplicación e integración de conceptos, procedimientos y herramientas, que se desarrollan en materias iniciales de la Tecnicatura en Sistemas de Información Geográfica y en campos relacionados con otras disciplinas y carreras, como el caso de Ecología Urbana. En el trabajo se analiza el proceso de modificación de la cobertura vegetal mediante el uso de imágenes satelitales y su procesamiento digital.

Nicolás Caloni y Marina Miraglia presentan “Integración de datos geoespaciales en una IDE local”: la creación de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) para el conurbano bonaerense, procurando así facilitar el acceso y la integración de la información espacial entre múltiples usuarios. Los autores describen las principales acciones metodológicas llevadas a cabo para su implementación a escala regional.

Y para finalizar, Andrés Juárez y Vicente Deluca presentan “Avances técnico-metodológicos en los geoservicios del LABSIG-UNGS”, un informe en el que resaltan las actividades realizadas en el laboratorio, actualizando las herramientas de manera periódica, para responder a los nuevos interrogantes que se plantean sobre el territorio.

Dos campos de investigación son posibles en estas áreas: por un lado, en las metodologías, uno que responda a los interrogantes; y por otro lado, en las herramientas, uno que estudie los programas que ayuden a aplicar las metodologías.

Esperamos que las páginas que a continuación se desarrollan puedan impactar en los lectores de la misma manera en que nos han impactado a nosotros; por un lado, en cuanto a su profundidad, precisión y solvencia en el desarrollo teórico y el manejo de las nuevas tecnologías de la información geográfica; y por otro lado, en cuanto a la necesidad de comenzar a implementar estándares de comunicación interinstitucionales y de difusión al público en general de resultados de proyectos de investigación y servicios.

Los organizadores,
Los Polvorines, febrero de 2014.

PARTE I
Sistemas de Información Geográfica
actuales

Teoría

1. Geografía, ordenamiento territorial y Sistemas de Información Geográfica

Articulaciones conceptuales para aplicaciones en la planificación y gestión territorial

*Claudia A. Baxendale*¹

Introducción

En el presente trabajo nos proponemos analizar las articulaciones conceptuales entre estudios y aplicaciones encarados con Sistemas de Información Geográfica desde la disciplina de la Geografía, como ciencia de la organización del territorio que tiene mucho que aportar al ordenamiento territorial. Para ello recurrimos a las diferencias que existen entre el “saber en sentido estricto” y el “saber hacer”, como fuentes de diferentes tipos de conocimiento que permiten delimitar los alcances de la ciencia pura, la ciencia aplicada, la tecnología, la práctica y la técnica.

Consideramos que la presentación de dichas articulaciones conceptuales resulta de utilidad al momento de justificar, delimitar y principalmente contextualizar desde la teoría y la práctica trabajos focalizados en aplicaciones con Sistemas de Información Geográfica.

¹ GEPAMA, FADU (Universidad de Buenos Aires) y GESIG/PROEG (Universidad Nacional de Luján).

Articulaciones conceptuales generales: los SIG como tecnología entre la ciencia y la técnica

Las aplicaciones con SIG implican siempre dar alguna respuesta a preguntas, más simples o más complejas, relacionadas con cuestiones espaciales. Los SIG como programas computacionales podrían, en primera instancia, ser considerados como una técnica que facilita la búsqueda de respuestas simples de índole espacial. Sin embargo, la búsqueda de respuestas a demandas espaciales más complejas nos adentra en el terreno de la tecnología y de la ciencia aplicada o aplicable. Nos proponemos, en este primer apartado, definir estos conceptos de modo de ver sus articulaciones.

Según Klimovsky, la ciencia aplicada (o aplicable) implica que los conocimientos obtenidos en investigaciones puras se aplican o pueden aplicarse no con el único objetivo de generar nuevos conocimientos, sino para hacer que esos conocimientos sean útiles para la sociedad, en la medida en que son “conocimientos concernientes a problemas prácticos y a las acciones mediante las cuales podemos fabricar objetos o cambiar la naturaleza que nos circunda” (Klimovsky, 1995). Por otra parte, considera que la tecnología es la utilización de la ciencia aplicada para resolver problemas de carácter social o para tratar con el funcionamiento de sistemas. Mientras la ciencia aplicada es conocimiento, la tecnología implica procedimientos o acciones para lograr determinados objetivos, ya sean estos construir objetos, solucionar problemas prácticos o modificar la realidad; y aclara que las acciones tecnológicas además de emplear ciencia aplicada utilizan la experiencia y la idoneidad adquiridas en materia de resolución de problemas.

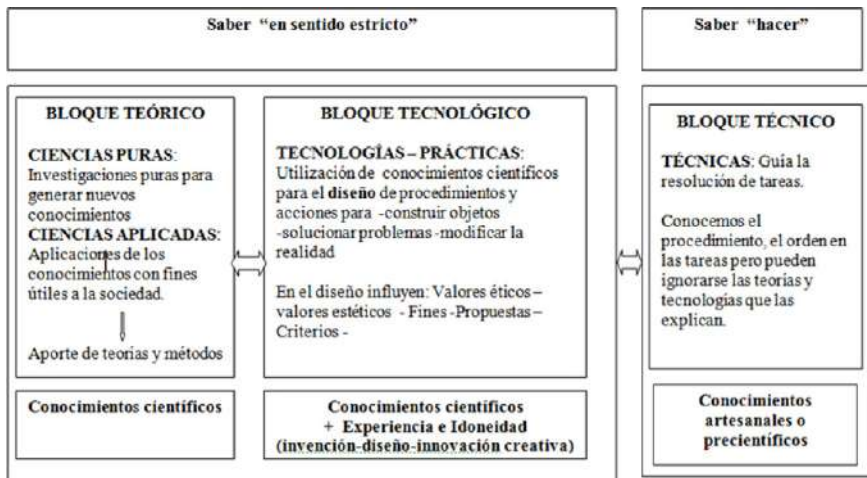
Siguiendo a Klimovsky (1995), el término *práctica* hace referencia a determinadas situaciones donde no se puede hablar de “tecnología” en el “restringido sentido usual”, pero al igual que en las tecnologías, son situaciones donde hay problemas y se diseñan procedimientos prácticos para resolverlos. Así, el tipo de estructura de acción humana que representa la tecnología (incluida la práctica y la clínica) supera la estructura gnoseológica que denominamos ciencia aplicada.

Se hace hincapié en la diferencia entre técnica y tecnología porque se suele definir a la técnica como un sistema de acciones humanas intencionalmente orientado a la transformación concreta que tiene como finalidad conseguir de forma eficiente un resultado valioso, pero diferenciando las técnicas como conocimientos artesanales o precientíficos (donde uno puede aplicarlas sin necesidad de conocer las tecnologías y teorías que las explican) y el término tecnología a las aplicaciones de base científica.

Quintanilla (1991) utiliza el término *tecnología* para el tipo de técnicas productivas que incorporan conocimientos y métodos científicos en su diseño y desarrollo, donde son factores decisivos no solo la aplicación de conocimientos científicos previamente disponibles sino también la invención, el diseño y la innovación creativa. Por su parte, el diseño tecnológico supone el inicio de un proceso de investigaciones y ensayos que permitan encontrar una solución original y completamente bien adaptada a la situación.

Cabe indicar también que, según Scarano (1999), en la tecnología encontramos componentes no puramente cognoscitivos (del conocimiento científico, del conocimiento común o del conocimiento experto), sino también valores –en particular valores éticos–, fines, propuestas y criterios. En la tecnología se utiliza el método científico pero no necesariamente para conseguir verdades, sino para realizar un diseño con ciertos objetivos; dicho diseño no debe violar las leyes de la naturaleza, sino que debe ser factible, debe realizar la función efectiva y confiablemente, debe ajustarse a cierto costo, y los beneficios deben sobrepasar nítidamente a los efectos indeseables. En forma esquemática, en la Figura 1 se presentan las articulaciones generales de los conceptos y la ubicación de los SIG en dicho marco conceptual, donde se han diferenciado tres bloques de conocimientos con sus características generales.

Figura 1. La tecnología entre la ciencia y la técnica: articulaciones conceptuales generales y la ubicación de los SIG



Los SIG: ubicación en el marco contextual general



Fuente: elaboración propia.

Vemos entonces que los SIG definidos como tecnología incluyen conocimientos científicos dentro de sus resoluciones, aun cuando muchas veces la persona que los utiliza no es consciente de ello, o si lo es ignora los conocimientos científicos que las sustentan, no contando entonces con las bases teóricas disciplinares que le permitirían un mejor análisis y tratamiento de la información georreferenciada y la interpretación de resultados.

Es por ello que, si bien consideramos que la Geografía no es la única disciplina científica que aporta a las funciones esenciales de los SIG, rescata-mos que al utilizar la adjetivación “geográfica” al referirse a la información georreferenciada, indirectamente se está aludiendo a una disciplina científica que fundamenta su tratamiento y análisis al contribuir, desde el análisis espacial en general y desde el análisis geográfico en particular, al aporte de conocimientos teóricos implicados en la tecnología de los SIG utilizados en el ordenamiento territorial.

La Geografía como ciencia de apoyo a la práctica del ordenamiento territorial

Como hemos planteado en trabajos anteriores (Baxendale, 2010), definir a la Geografía como ciencia pura implica saber que estamos considerando un cuerpo de conocimientos racionales, sistemáticos, organizados, verificables, falibles, que fueron adquiridos por un método específico y que buscan establecer regularidades y generalidades en relación con las manifestaciones espaciales del vínculo entre el hombre y su ambiente². Estas generalidades permitirían llegar

² Para una caracterización del conocimiento científico, las ciencias fácticas, los métodos científicos y la epistemología nos guiamos por Bunge (1985) y Klimovsky (1995).

a explicar y predecir patrones de localización, distribución, asociación, interacción y evolución de fenómenos sobre el territorio (Buzai y Baxendale, 2006).

Schaefer (1953) sostiene que la propia especialidad del geógrafo son las leyes concernientes a la disposición espacial, y que si el geógrafo intenta explicar cosas como las conexiones válidas entre los rasgos psicológicos de una población y sus instituciones, o las conexiones entre ideología y comportamiento político, “el geógrafo se vuelve un sabelotodo o, más probablemente, un aprendiz de todo y un oficial de nada” (Schaefer, 1953: 269). Podemos considerar entonces que las manifestaciones espaciales y las síntesis son, respectivamente, objeto de estudio y objetivo final de los análisis en Geografía. La síntesis puede considerarse uno de los principios de la Geografía (Vilá Valentí, 1983).

A partir de esta concepción de la Geografía como ciencia, entendemos el análisis geográfico como un análisis del territorio donde se integran y sintetizan diferentes variables de modo de lograr la composición de un todo por la reunión de sus partes. El territorio como un todo puede ser abordado entonces como un sistema territorial para explorarlo, describirlo, comprenderlo, explicarlo y hacer predicciones sobre regularidades espacio-territoriales y propuestas sobre su organización.

Desde la Geografía, el análisis del territorio puede llevarse a cabo por medio de diferentes enfoques, que Haggett (1988) define de la siguiente manera: 1) el enfoque espacial, donde los geógrafos se preguntan cuáles son los factores que controlan los modelos de distribución y cuál es el modo en que esos modelos pueden modificarse para hacer que las distribuciones sean más eficaces o más equitativas; 2) el enfoque ecológico, que interrelaciona e interpreta las variables humanas y ambientales, desplazándose así la atención desde la variación espacial entre áreas a las relaciones dentro de una sola área geográfica; y 3) el enfoque regional, en el que los resultados de los análisis espacial y ecológico se combinan y se identifican unidades regionales apropiadas a través de una diferenciación areal, estableciendo los flujos y las relaciones entre pares de regiones.

Cabe señalar que, en un plano epistemológico de análisis, la Geografía cuenta con una diversidad de visiones paradigmáticas: perspectiva clásica (Geografía regional, Geografía racionalista), perspectiva locacional (Geografía cuantitativa), perspectiva radical (Geografía crítica, Geografía humanista) y perspectiva actual/revalorización paradigmática (Geografía posmoderna, Geografía de los paisajes, Geografía automatizada) (Buzai *et al.*, 2012).

Como ciencia aplicada o aplicable, la Geografía se define como la ciencia de la organización del territorio. Como expresa Roccatagliata (1986), la organización del territorio es el resultado de las múltiples interrelaciones entre la sociedad y su medio a través de un proceso histórico bajo ciertas modalidades económicas y diferentes esquemas políticos. Dicha organización territorial puede resultar de procesos “espontáneos” o ser el resultado de acciones concebidas dentro de políticas nacionales, por eso se debe hablar de ordenamiento territorial. Como indica Massiris (2008), en la primera década del siglo **xxi** la tendencia observable en los objetivos del ordenamiento territorial postula alternativas de desarrollo regionalmente armónico y equilibrado, socialmente justo, democrático y participativo, descentralizado, ambientalmente sostenible, respetuoso de la diversidad cultural y económicamente competitivo, siendo normal encontrar este tipo de ideas en los programas de gobierno y en los discursos de los gobernantes de casi todos los países de América Latina.

Planificación y gestión: principales componentes del ordenamiento territorial

Según Tapiador (2001), el ordenamiento territorial presenta un componente científico, asociado al desarrollo de herramientas y metodologías para el análisis del territorio, y otro profesional, en el que se plasman en forma de normativa legal una serie de prácticas orientadas a estructurar el espacio geográfico en función de una línea que se determina políticamente. Como vemos, la Geografía como ciencia provee un importante contenido al primer componente y puede apoyar conceptualmente al segundo.

En línea con esta diferenciación, Barragán Muñoz (1997) define como *ordenación* a los procesos y acciones organizadas entre sí, de carácter intelectual (plan) y ejecutivas (gestión), que tienen como meta el desarrollo sostenible en un área. De esta manera diferencia a la planificación, como el proceso con base técnico-científica que permite la realización de una herramienta de carácter intelectual (plan) diseñada para la acción futura, de la gestión, considerada como el conjunto de decisiones, diligencias y actuaciones que conducen a la administración de recursos, al desarrollo de actividades económicas y a la ejecución de planes.

Gómez Orea (2008) identifica a la fase de planificación territorial con las tareas de formulación, definición y análisis de los objetivos y con la identi-

cación de propuestas y medidas que incluyen la generación y evaluación de alternativas y la selección e instrumentación de una de ellas. Por otra parte, identifica a la fase de gestión con las tareas ejecutivas, en las que se materializan las propuestas de acuerdo a lo establecido en la fase de planificación, y con el seguimiento y el control de la ejecución de dichas propuestas, incluyendo su revisión y actualización.

Figura 2. Componentes del ordenamiento territorial, fases de trabajo y ubicación de la Geografía aplicada/aplicable



Fuente: elaboración propia.

Cabe indicar una diferencia desde una concepción epistemológica de la planificación y gestión del territorio. Pierro *et ál.* (2004) diferencian dos tipos de abordajes en estas prácticas: los que tienen como eje principal las relaciones entre los agentes e instituciones involucrados en la ordenación territorial, y aquellos donde el eje principal es el territorio en sí y sus aspectos físico-constructivos y ambientales.

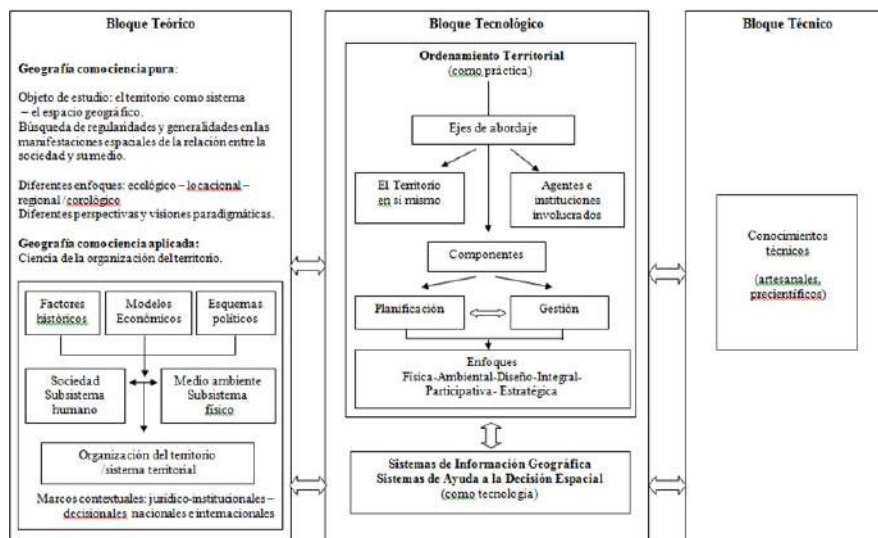
Entendemos que estos dos abordajes implican la participación de diferentes disciplinas. La Geografía como ciencia aporta indiscutiblemente al segundo eje, y en este sentido la formación del geógrafo debe ofrecer los conocimientos para este tipo de abordaje. Por su parte, seguramente disciplinas como la Sociología, Psicología Social, Ciencias Políticas, Administración Pública, entre otras, ofrezcan respuestas más acabadas al momento de tratar cuestiones relacionadas con el primer eje.

En cuanto a la diferenciación y articulación entre planificación y gestión del territorio, algunas visiones critican la división entre la planificación, como instancia de reflexión sobre los objetivos y los cursos de acción a seguir, y la gestión, en cuanto desarrollo y control de esos cursos de acción. Asimismo, se

cuestiona la división entre profesionales abocados a la reflexión (planificadores) y profesionales abocados a la ejecución (administradores). La propuesta, entonces, es lograr una gestión planificada (Pierro *et al.*, 2004) que implique la revalorización de la gestión como tarea y de los profesionales de la administración como agentes; la forma de planificación propuesta no es un proceso único, sino un conjunto de procesos simultáneos que se encuentran en distintas instancias de ejecución.

Sin ignorar la necesidad de una buena articulación entre planificación y gestión del territorio, consideramos que estas propuestas de gestión planificada fusionan los objetivos dejando de lado la planificación y poniendo énfasis en una gestión de la administración pública que, ante la falta de políticas de Estado coherentes, consensuadas y de largo plazo, como las que han caracterizado a los gobiernos de nuestro país, sigue buscando dar respuestas solamente a cuestiones coyunturales.

Figura 3. Articulaciones entre Geografía, ordenamiento territorial, SIG y conocimiento técnico



Fuente: elaboración propia.

Los Sistemas de Información Geográfica como tecnología de apoyo a la práctica del ordenamiento territorial

Junto con la Geografía –como ciencia de la organización del territorio–, los SIG –como tecnología– ofrecen una herramienta de apoyo importante para el ordenamiento territorial, bajo un abordaje donde el eje principal esté puesto en el territorio en sí.

En estudios anteriores (Buzai y Baxendale, 2011) hemos presentado los aportes que esta tecnología ofrece a la etapa del diagnóstico dentro de la práctica de la planificación territorial. Aquí ampliamos el análisis sistematizando sus potenciales aportes al ordenamiento territorial, considerando al territorio como sistema.

a. Planificación: etapa del diagnóstico

- Diagnósticos espaciales de los subsistemas humano y físico.
- Diagnóstico espacial del subsistema físico natural.
- Diagnóstico espacial del subsistema demográfico.
- Diagnóstico espacial del subsistema económico-productivo.
- Diagnóstico espacial del subsistema físico construido.
- Diagnósticos espaciales integrados.
- Diagnóstico integral del sistema territorial.
- Diagnóstico de problemáticas ambientales.
- Diagnóstico de zonas con riesgos naturales/potenciales catástrofes.
- Diagnóstico de potenciales conflictos entre usos del suelo.
- Diagnóstico de aptitudes/limitaciones de diferentes usos del suelo de las unidades espaciales de análisis.

b. Planificación: etapa propositiva

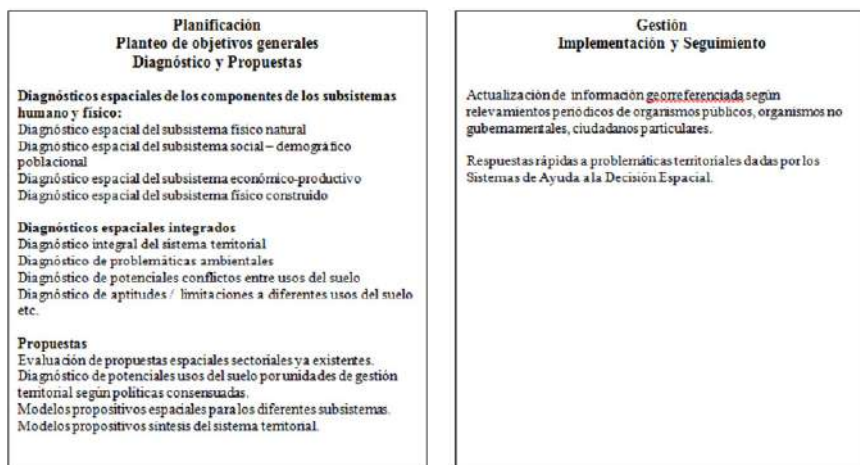
- Modelos propositivos espaciales para los diferentes subsistemas.
- Modelos propositivos síntesis del sistema territorial.
- Evaluación de propuestas espaciales según políticas consensuadas.

c. Gestión: implementación y seguimiento

- Elección de propuestas, toma de decisiones espaciales e intervención.
- Actualización de información georreferenciada según relevamientos periódicos de organismos públicos, organismos no gubernamentales y ciudadanos particulares.

Como vemos, las posibilidades de aplicación de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica para el ordenamiento territorial son muy variadas, desde análisis simples de la información que den como resultado cartografía temática de inventario o coroplética hasta la realización de análisis espaciales y geográficos de mayor complejidad.

Figura 4. Los SIG y los SADE: aportes para el ordenamiento territorial



Fuente: elaboración propia.

Consideraciones finales

Como toda modelización, la realización de un marco contextual a modo de esquema conceptual implica realizar simplificaciones de la realidad para que resulten didácticas y de fácil comprensión.

Esperamos que este trabajo haya brindado algunas herramientas conceptuales a fin de permitirles a las personas que utilizan los Sistemas de Información Geográfica reflexionar sobre el tipo de trabajo que realizan, ya sea en un ámbito estatal o privado, y tomar conciencia de que forman parte de una práctica mucho más amplia.

Ante esta situación surge la necesidad de contar con una mentalidad amplia que nos permita avanzar hacia una visión de conjunto para entender cómo nuestra parte contribuye al todo, y que en las prácticas llevadas a cabo en distintos niveles debe haber un consenso en relación con fines, objetivos, principios y formas de lograrlos.

Bibliografía

- Barragán Muñoz, J. M. (1997) “Medio ambiente y desarrollo en las áreas litorales”. En *Guía práctica para la planificación y gestión integradas*. Barcelona, Oikos-Tau.
- Baxendale, C. A. (2010) “Geografía, organización del territorio y Sistemas de Información Geográfica”. En Buzai, G. D. (comp.) *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Buenos Aires, Universidad Nacional de Luján, pp. 37-41.
- Bunge, M. (1985) *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires, Siglo Veinte.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2006) *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires.
- Buzai G. D. y Baxendale, C. A. (2011) “Análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica. Aportes de la Geografía para la elaboración del diagnóstico en el ordenamiento territorial”. En *Revista de Posgrado UNAH*, 4 (4): pp. 56-67.
- Buzai, G. D.; Baxendale, C. A.; Cacace, G.; Caloni, N. y Cruz, M. R. (2012) “Potencialidad de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la educación en tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el aula. Aportes desde la Geografía para la modelización espacial”. En *Anuario de la División Geografía 2010-2011*, Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Luján. CD-ROM.
- Gómez Orea, D. (2008) *Ordenación territorial*. Madrid, Mundi-Prensa.

- Haggett, P. (1988) *Geografía. Una síntesis moderna*. Barcelona, Omega.
- Klimovsky, G. (1995) *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la Epistemología*. Buenos Aires, A-Z Editora.
- Pierro, N.; Podestá, M. C. y Kullock, D. (2004) *Buenas prácticas docentes. Una aproximación a la didáctica de las cuestiones urbano-regionales en la formación de posgrado*. Buenos Aires, Ediciones Cooperativas.
- Quintanilla, M. (1991) *Tecnología: un enfoque filosófico*. Buenos Aires, EUDEBA.
- Roccatagliata, J. A. (1986) *Argentina. Hacia un nuevo ordenamiento territorial*. Buenos Aires, Pleamar.
- Scarano, E. (1999) *Metodología de las Ciencias Sociales*. Buenos Aires, Ediciones Macchi.
- Schaefer, F. K. (1953) “El excepcionalismo en Geografía”. En Randle, P. H. (ed.) (1984) *Teoría de la Geografía*. Segunda Parte. Buenos Aires, GAEA-OIKOS, pp. 266-305.
- Tapiador, F. J. (2001) “El papel del geógrafo en las directrices del ordenación territorial”. En *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (AGE), N.º 31, pp. 137-147.
- Vilá Valentí, J. (1983) *Introducción al estudio teórico de la Geografía*. Barcelona, Ariel.

Referencias en línea

- Massiris, C. A. (2008) “Gestión del ordenamiento territorial en América Latina: desarrollos recientes”. En revista *Proyección*, Año 2008, N.º 4 <<http://bdigital.uncu.edu.ar/3238>>. (Consultado: 18/07/2012).

2. Perspectivas teóricas de la Geografía en la evolución de los Sistemas de Información Geográfica

*Gustavo D. Buzai*¹

Base empírica y ciencia

Los Sistemas de Información Geográfica ingresaron en las actividades académicas de los geógrafos como resultado de una revolución tecnológica, pero la comprensión de los basamentos conceptuales de esta tecnología llevaba a verla, cada vez más, como parte de una revolución intelectual. La revolución tecnológica se encuentra relacionada con los métodos y las técnicas aplicadas, mientras que la revolución intelectual se centra en la forma de pensar la realidad, es decir, la base empírica en la cual el ser humano desarrolla sus actividades en el planeta.

Esta base empírica está constituida por los elementos materiales localizados y se presenta al investigador como un paisaje global compuesto por tres esferas de diferente potencialidad y ritmo de evolución: una abiótica, formada por la geósfera (atmósfera, hidrósfera y litósfera); una biótica, formada por los seres vivos que componen la biosfera; y una humana, compuesta por la sociedad, también denominada esfera de conocimiento o noósfera.

Aunque el hombre también pertenece a la esfera biótica, se lo separa de ella por el componente cultural, porque, mientras la mayoría de los seres vivos tienen como finalidad adaptarse y sobrevivir en el mundo, el hombre, como

¹ Universidad Nacional de Luján. Programa de Estudios Geográficos / Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica. E-mail: gesig-proeg@unlu.edu.ar / Web: www.gesig-proeg.com.ar.

especie, es el único que trata de comprenderlo, y mediante este intento ha creado un cuerpo de ideas y conceptos que formaron la ciencia. La ciencia es un conocimiento racional, sistemático, que tiende a la exactitud, que es verificable y, por lo tanto, puede ser falible (Bunge, 1981).

Es racional porque es producto de la razón humana, sale de la mente de los individuos, se rige principalmente por aspectos lógicos e intenta apartarse de las cuestiones emocionales y valorativas en la construcción de conocimiento. Es sistemático porque no es un conocimiento que se produzca al azar, sino que existen caminos y reglas para su formulación. Tiende a ser exacto porque cada aproximación a la realidad busca mayor grado de correspondencia entre sus enunciados observacionales y la base empírica del mundo real. Y por último, puede verificarse a través de la contrastación de hipótesis formuladas que no sean verdaderas. En este sentido recordamos que la verdad, en ciencia, siempre es provisoria.

Datos geográficos y teoría sistémica

La realidad nos brinda estímulos permanentes, y muchos de ellos los podemos ir captando con nuestros elementos de medición cada vez más sofisticados. Algunos datos resultan contundentes: cuando se puso en órbita en el año 1967 el satélite artificial LANDSAT-1 para la exploración de los recursos naturales, al finalizar su primera órbita completa a la Tierra había obtenido un volumen de información equivalente al que los geógrafos tenían disponibles hasta el siglo xv, y en la segunda órbita completa elevó el caudal de información llegando al equivalente disponible en el siglo xix (Stotman, 1999). Esta avalancha de datos geográficos superó claramente las capacidades técnicas, pero no las intelectuales.

Siguiendo una perspectiva de gran amplitud como lo es la Macrogeografía, podemos considerar que a través del uso de los satélites también se propició una importante revolución intelectual. Ver la esfera terrestre como una pequeña bola flotando en el espacio generó un impacto conceptual y ético mayor a lo que originalmente se habría esperado (Gould, 1987).

Dicho impacto se refiere a un desplazamiento conceptual de la tradicional postura antropológica etnocéntrica y sociológica de la otredad. Poder ver el planeta Tierra desde el espacio exterior nos hace tomar conciencia del pequeño lugar que ocupamos en el universo y de que todos nos encontramos –como afirmó Carl Sagan (1980)– en el mismo hogar planetario, donde la diferencia entre el yo y el otro, entre nosotros y ellos, comienza a perder sentido.

Esta visión planetaria como la imagen en movimiento de una esfera azul (por los océanos), marrón (por los continentes) y blanca (por el hielo y las nubes) muestra desde un punto de vista empírico la mayor integración de un sistema físico-natural. A esto habría que agregarle la dimensión socioespacial, que también se integra a partir de esa escala global hacia todas las escalas posibles, a través de flujos tangibles e intangibles de infinitas relaciones.

Los estudios correspondientes al cambio climático global, las relaciones económicas internacionales, las relaciones políticas multilaterales y la lucha por el control de los diferentes tipos de flujos (incluyendo los que circulan por el ciberespacio) tomaron un importante protagonismo en el mundo actual. Corresponde a una imagen que nos muestra las más amplias vinculaciones dentro del espacio relacional mundial, y de allí hacia diferentes escalas de análisis hasta llegar a los espacios locales y al sitio. La Geografía puede estudiar desde 510 millones de kilómetros cuadrados hasta el metro cuadrado que ocupamos cada uno de nosotros en la actualidad.

Esto nos lleva a pensar en el abordaje de la realidad como totalidad, y de allí, como sistema. Porque para los que trabajamos en ciencia aplicada, es decir, para los que tenemos la intención de utilizar los conocimientos teóricos desarrollados en el ámbito de nuestras ciencias particulares con la finalidad de resolver problemas socioespaciales, tarde o temprano se nos plantean interrogantes acerca de la manera en que puede ser captada la realidad.

En esta línea de pensamiento, un desarrollo conceptual actual que avanza sobre las características generales presentadas en la Teoría General de los Sistemas propuesta por Von Bertalanffy (1968) se puede encontrar en la Teoría de los Sistemas Complejos, basada en la epistemología genética de Piaget (1972) y desarrollada por García (2006) según una perspectiva constructivista del trabajo científico interdisciplinario.

La Teoría de los Sistemas Complejos demostró grandes capacidades para el estudio de la realidad en general. Particularmente he podido comprobar su capacidad, primero, para el estudio de la realidad socioespacial empírica de la Geografía, y luego, para analizar aspectos específicos correspondientes a la construcción de conocimientos en cuanto a su capacidad epistemológica.

Este mundo global es nuestra realidad empírica de mayor extensión y provee gran cantidad de elementos para su análisis, inclusive en el dominio material de la Geografía. También se considera que la ciencia es empírica porque debe estudiar la materialidad concreta del mundo real y actuar sobre ella.

Pero lo que deseo resaltar principalmente de esta perspectiva corresponde al entendimiento de la realidad como una estructura perteneciente a un universo estratificado, es decir, la composición de la realidad por niveles de organización semiautónomos en los que rigen dinámicas específicas para cada uno de ellos, aunque interactúan entre sí.

Esta consideración me ha posibilitado contar con un marco general que permite sustentar la estabilidad de determinadas teorías en niveles específicos y la no invalidación de ellas a través de consideraciones surgidas de otros niveles de análisis. Pienso que esta consideración sería un complemento de tercera dimensión de la metodología de los programas de investigación propuesta por Lakatos (1983) en el marco del falsacionismo sofisticado, superador del racionalismo crítico del Círculo de Viena.

Teoría de la Geografía

Al analizar el pensamiento geográfico rescatamos el concepto de paradigma propuesto por Kuhn (1970). Este surge de un modelo que tiene alta correspondencia con el desarrollo de las ciencias duras y permite verificar, aunque con algunos corrimientos, las características que ha tenido la Geografía como ciencia particular.

La definición más usual de los paradigmas establece que son “realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica” (Kuhn, 1970). Esta consideración sin dudas nos muestra que la objetividad científica prácticamente no es posible, ya que un paradigma no solamente es una estructura que nos permite mirar el mundo de una determinada forma sino que, principalmente, se encontrará inserta en la legitimidad que puede darle su institucionalización.

La Geografía ha desarrollado a lo largo de su historia diferentes maneras de ver la realidad, las cuales han sido consideradas principalmente como diferentes paradigmas de la Geografía surgidos de cambios revolucionarios. A continuación prestaré especial atención a las definiciones producidas a partir de las perspectivas ecológica, corológica y sistémica, las cuales interactúan muy estrechamente con el nivel focal de los Sistemas de Información Geográfica, y proporcionaré las bases de su relación con la Geografía aplicada.

Podemos mencionar la existencia de un largo período preparadigmático en el que no solamente se llevaron a cabo programas de investigaciones indi-

viduales y separadas sino que estos constituyeron el prolegómeno de una gran crisis científica experimentada por la Geografía a finales del siglo XIX, generada por una gran especialización del conocimiento. La acumulación progresiva de conocimientos brindó objetos de estudio específicos para la aparición de una gran cantidad de nuevas disciplinas, denominadas ciencias de la Tierra, que adquirirían individualidad separándose de la Geografía como ciencia madre.

La Geodesia se ocupaba de las dimensiones terrestres; la Geofísica, del campo magnético; la Climatología y la Meteorología se convirtieron en ciencias de la atmósfera; la Oceanografía y la Hidrología estudiaban los cuerpos de agua; la Geología se ocupaba del subsuelo a través de la Mineralogía, la Estratigrafía, la Tectónica, la Sismología y la Geomorfología; y la Biogeografía se desarrollaba como rama de la Biología y abordaba el estudio de la evolución de la distribución espacial de los animales y las plantas en el planeta. Al quedar en evidencia que una única ciencia no podía abarcar todo ese conocimiento, la pregunta era: ¿cuál debe ser el objeto de estudio de la Geografía para ser definida como ciencia específica y no desaparecer fragmentándose entre diversas disciplinas que abarcan cada uno de sus contenidos temáticos iniciales?

A finales del siglo XIX, Ratzel (1882-1891) brindó una respuesta, al incluir al hombre y sus actividades. Por lo tanto, la Geografía, sin dejar de lado su condición naturalista, incluyó definitivamente al hombre, y se convirtió en la única disciplina en estudiar una relación. A partir de allí, la Geografía quedó definida, desde un punto de vista ecológico, como la ciencia que estudia la relación entre el hombre y su entorno, entre la sociedad y el medio. La Geografía encontraba, de esta manera, un lugar en el contexto de las ciencias, pero lo haría como ciencia humana.

A pesar de que esta definición puede fecharse a finales del siglo XIX, podemos decir que en la actualidad, desde los Sistemas de Información Geográfica, los estudios realizados consideran principalmente las manifestaciones espaciales surgidas de la relación entre la sociedad y su medio.

La Geografía como ciencia humana es la que ha posibilitado mantener una cierta unidad en los estudios geográficos por poco más de cien años. Los geógrafos actuales estamos de acuerdo en que nuestros programas de investigación se apoyarán en el estudio de las relaciones entre la sociedad y el medio, es decir que si no hay una componente humana no puede haber investigación en Geografía.

Apoyados en la obra de Bernard Varenius realizada en el siglo XVII (Varenius, 1974), se puede considerar que los estudios de Paul Vidal de la Blache a inicios

del siglo xx (Vidal de la Blache, 1913) marcan el inicio de la llamada Geografía regional, una perspectiva de análisis que se convertiría en central durante las primeras décadas del mencionado siglo.

El objeto de estudio de la Geografía regional es la región. El método de análisis se basa en la descripción porque considera a la región como una realidad objetiva, única e irrepetible. La región es previa al investigador; este debe poder reconocerla, y una vez definida se convierte en el marco espacial en el que se deben estudiar las manifestaciones paisajísticas de las combinaciones físicas y humanas que se producen en su interior de manera particular y específica.

Mientras que las perspectivas geográficas de Friedrich Ratzel y de Paul Vidal de la Blache se basaron filosóficamente en el positivismo de Auguste Comte, apareció en la misma línea, con el trabajo de Hartsohrne (1939), una propuesta de impacto racionalista, esto es, una postura neokantiana tomada de los trabajos previos de Alfred Hettner y justificada en la clasificación de las ciencias realizada por Windelband (1970).

Tanto la postura regional como la actualización racionalista consideran que la Geografía estudia—al igual que la Historia— aspectos únicos e irrepetibles, por lo que es una ciencia de carácter idiográfico. La diferencia fundamental estaría dada por la característica constructivista, que se separa del empirismo. Entonces, para esta nueva postura la región ya no es considerada una realidad objetiva, sino que pasa a ser una construcción racional realizada por el investigador.

El método de superposición de mapas, que lleva a la realización de una clasificación espacial desde arriba (de lo general a lo particular), se transforma en un procedimiento central que permite poner límites en el espacio geográfico y definir áreas homogéneas. Aunque estas áreas también eran consideradas únicas e irrepetibles, la posibilidad de construcción fue la base para los siguientes desarrollos.

Así, la Geografía queda definida, desde un punto de vista corológico, como la ciencia que estudia la diferenciación de espacios sobre la superficie terrestre.

A pesar de que la definición tuvo su aparición a finales de la década de 1930, actualmente desde los Sistemas de Información Geográfica podemos decir que la totalidad de los estudios realizados consideran, sin dudas, el estudio de la diferenciación espacial.

El contexto histórico de mediados del siglo xx, en el que la Segunda Guerra Mundial cumplió un papel preponderante para el desarrollo científico-tecnológico ligado a las actividades militares, junto con la necesidad de reconstrucción y posteriormente la carrera espacial, favoreció un gran impulso a las ciencias

físico-matemáticas, y con ello se produjo un importante impacto cuantitativo en las ciencias sociales en general y en la Geografía en particular.

El cambio de visión se volcó hacia la búsqueda de un análisis geográfico científico, un nuevo paradigma que desestimó la visión idiográfica y se volcó hacia la generalización como método de análisis de una ciencia nomotética (Schaefer, 1953). En el período de ciencia normal dominado por lo que sería considerado un paradigma cuantitativo predominan los estudios en los que se modela la realidad en la búsqueda de leyes científicas.

El abordaje geográfico es principalmente espacial y la región se construye, pero el cambio metodológico establece que esta construcción se produce a partir de la utilización de métodos cuantitativos.

De esta manera, la Geografía queda definida, desde un punto de vista sistémico, como la ciencia que estudia las leyes que rigen las pautas de distribución espacial. Desde este punto de vista, una gran cantidad de estudios realizados con Sistemas de Información Geográfica pueden ser utilizados para corroborar modelos espaciales y tomar referencia de diferentes leyes del comportamiento espacial.

Las posturas enumeradas se desarrollaron durante las primeras siete décadas del siglo xx. Luego, a fines de la década del 60 y principios de la del 70, un gran número de sucesos históricos llevaron a un contexto propicio para la radicalización de las ciencias (Peet, 1977), y así surgieron las perspectivas radicales (radicalmente opuestas al cuantitativismo) en dos vertientes: la Geografía crítica y la Geografía humanista.

El paradigma crítico se presenta en favor de una Geografía comprometida para la transformación de la realidad social, y a través de poner en evidencia la crisis de la continua diferenciación producida por el sistema capitalista intenta ayudar a cambiar el orden establecido. En este sentido se critica la cuantificación como una línea de abordaje que se orienta a apoyar el *statu quo*.

Los estudios basados en el paradigma crítico apuntan al estudio de la relación que existe entre la Geografía y la dominación de clases sociales a partir de las pautas superestructurales en la sociedad capitalista; por este motivo, las formas particulares de esa relación comienzan a ser estudiadas basándose en otras disciplinas, principalmente la economía, la sociología y la ciencia política.

Lo que surge de este enfoque es la consideración de que el espacio geográfico es un reflejo de las características económicas y políticas más amplias, y que si se quiere modificar la injusticia socioespacial hay que actuar en estos niveles, porque el espacio geográfico queda como una dimensión contextual. Una im-

portante cantidad de autores consideraron esta situación, y muchos, desde las posturas críticas, intentaron recobrar la dimensión espacial (Baxendale, 2000), que quedó disminuida.

Por su parte, la postura humanista también se opone radicalmente a la Geografía cuantitativa, sin embargo, a diferencia del paradigma crítico, esta postura valoriza aspectos del mundo exterior e interior del ser humano, como la percepción y los valores y aptitudes hacia el ambiente. La Geografía intentó comprender estos mundos individuales con categorías idiográficas, que no se prestan al análisis científico (Relph, 1976).

Actualmente, ingresamos al siglo XXI con una serie de revalorizaciones paradigmáticas: Geografía del paisaje (regional y racionalista, con algunas metodologías cuantitativas), Geografía de la percepción (humanista), Geografía posmoderna (crítica) y Geografía automatizada (racionalista y cuantitativa) (Buzai, 2005a).

Considerando la Teoría de los Sistemas Complejos, la totalidad de estas líneas de abordaje de diferentes paradigmas, que han evolucionado durante poco más de un siglo, pueden ser comprendidas en el marco de un universo estratificado en el que cada una de ellas se refiere a una escala de análisis diferente, pero con vínculos a veces contradictorios y, en determinadas ocasiones, complementarios.

Geografía aplicada

Considerar a la Geografía como ciencia aplicada implica que realizará una aplicación metodológica en la búsqueda de generalidades y regularidades que le permitan explicar y predecir patrones espaciales. En este marco se constituye la Geografía aplicada, entendida, desde un punto de vista amplio, como la aplicación de conocimientos y habilidades geográficas para la resolución de problemas sociales, económicos y ambientales (Pacione, 1999).

La Geografía como ciencia aplicada utiliza (o puede utilizar) conocimientos obtenidos a través de las investigaciones básicas, no con el objetivo de generar nuevos conocimientos sino, principalmente, para aplicar conocimientos que sean útiles a la sociedad.

En síntesis, la investigación básica tiene por finalidad acrecentar los conocimientos teóricos para el progreso de la ciencia, y no se preocupa por sus posibles aplicaciones. La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar,

para construir y para modificar: avanza en cuestiones prácticas de aplicación y no para el desarrollo de teorías de valor universal.

Para lograr sus objetivos de aplicación puede verse a la ciencia como un proceso de construcción de conocimientos. Corresponde a una transformación secuencial entre dos estados centrales: el surgimiento de un problema y las acciones realizadas para encontrarle solución. La ciencia aplicada presenta una serie de fases secuenciales con diferentes componentes (Buzai, Baxendale y Cruz, 2009). Como ciencia aplicada de carácter empírico, el proceso de investigación lleva a salir de la realidad, a partir del problema, para volver a la realidad con propuestas para su solución, atravesando fases de tipo conceptual, conceptual-metodológica, metodológica-técnica y de validación y transferencia.

En particular en el caso de la transferencia, mediante la realización de diferentes productos se llega a dos destinos principales: una transferencia hacia la investigación y docencia y una transferencia hacia la gestión y planificación.

La primera se realiza hacia la zona teórica, las prácticas geográficas y los antecedentes (estado de la cuestión) de la investigación. La segunda se dirige hacia la base empírica en estrategias de competencia espacial, como la eficiencia buscada principalmente por la actividad privada, y la búsqueda de justicia espacial, como la equidad necesaria en los servicios públicos.

Evolución de los SIG sustentada en la teoría de la Geografía

Los Sistemas de Información Geográfica –como núcleo de la Geoinformática– y el mayor avance de las aplicaciones computacionales orientadas al análisis espacial permitieron estandarizar en el ambiente digital aspectos centrales de la teoría de la geografía tendientes al desarrollo de una nueva Geografía aplicada.

Basados en el racionalismo y el cuantitativismo, desde los inicios de la década de 1960 muchos procedimientos geográficos fueron incorporados al ambiente digital, y a partir de allí presentan un desarrollo secuencial directamente relacionado con la evolución paradigmática de la Geografía. Un siglo de desarrollo teórico quedó así incorporado a cincuenta años de desarrollo tecnológico. El Cuadro 1 presenta las correspondencias secuenciales.

Cuadro 1. Evolución procedimental-conceptual de la tecnología SIG

Etapas	Década	Ejemplo metodológico		Paradigma de la Geografía ⁽¹⁾
		ráster	vectorial	
SIG-1	1960 1970	Cartografía ⁽²⁾	Cartografía ⁽²⁾	Geografía Regional
SIG-2	1980	Modelado cartográfico ⁽²⁾	Superposición geométrica ⁽²⁾	Geografía Racionalista
SIG-3	1990	Evaluación multicriterio ⁽²⁾	Análisis multivariado en tabla de atributos ⁽²⁾	Geografía Cuantitativa
SIG-4		Modelos predictivos ⁽⁴⁾	Macrogeografía ⁽⁴⁾ Regionalización ⁽³⁾	
SIG-5	2000 2010	SIG+SADE ráster	SIG+SADE vectorial	Geografía Automatizada
SIG-6?				
1. Clasificación en cuatro estadios basada en las aplicaciones de Buzai (1999) 2. Técnicas que trabajan básicamente el presente. 3. Técnicas que actualmente se desarrollan fuera del SIG con apoyo <u>geoinformático</u> . 4. Técnicas que trabajan básicamente la modelización a futuro.				

Fuente: elaboración propia.

El camino recorrido va desde la Geografía regional hasta la Geografía automatizada, incorporando procedimientos metodológicos apoyados en diferentes paradigmas de la Geografía. Estos dieron como resultado cinco modalidades en el desarrollo evolutivo de la tecnología de los SIG, desde simples sistemas de mapeo (SIG-1) hasta verdaderos sistemas de apoyo a la toma de decisiones (SIG-5). Un camino claro que avanza desde la necesidad de producir conocimiento hasta la necesidad de producir transformación; el interrogante surge al pensar cómo será y cuándo comenzará la sexta etapa de los SIG.

Existen algunas exigencias actuales (Camara, Miguel Monteiro y Menezes, 2003; Bosque Sendra, 2008) que se orientan hacia una expectativa de mayor contenido social y hacia representaciones no cartográficas del espacio; por supuesto, siempre presentadas con un mayor contenido conceptual que operativo. A nuestro modo de ver, aún quedan pendientes desarrollos de la etapa SIG-4, y con esto se completaría la focalización espacial como modo de abordaje tecnológico. En función de estos requerimientos –que algunos pueden ser vistos como limitantes–, en Buzai (2011) fue realizada una pregunta casi como afirmación: ¿se le estará pidiendo demasiado a los SIG del futuro?, para llegar a la conclusión de que el SIG-6 podría dejar de ser un SIG, si es que su objetivo de aplicación dejara de estar centrado en el análisis espacial.

Los SIG entre el conocimiento y la acción

El recorrido realizado desde el SIG-1 hasta el SIG-5 muestra un cambio de objetivo que va desde ser considerado un sistema cartográfico hasta ser considerado un sistema para el apoyo a la toma de decisiones de naturaleza espacial.

Hay algo subyacente a todo esto. Un sistema de mapeo intenta realizar una representación fiel del mundo (inicialmente con la finalidad de inventararlo) como modelo estático que representa un acontecimiento objetivo. Un sistema de apoyo a la toma de decisiones está orientado hacia un acontecimiento subjetivo en donde se intenta intervenir con decisiones que puedan modificar la realidad.

Esto podría ser vinculado a las funciones del pensamiento, como la de comprender el mundo en que vivimos (función cognitiva) y la de interpretarlo de diferentes formas, principalmente desde un punto de vista estratégico (función de manipulación). En el primer caso queda claro que la finalidad es comprender objetivamente la realidad, y en el segundo, crearla (Soros, 2010).

El ámbito de la computación avanza en materia de simulación. Si la complejidad del mundo impide su observación y experimentación, es posible observar y experimentar en un mundo simulado (Wagensberg, 1994). La simulación corresponde a la obtención de información mediante experimentos inventados, corresponde a la mayor iniciativa que un investigador puede tener en su finalidad de predecir.

El uso de simulación es una nueva forma de aproximarse a la realidad que se encuentra entre la experiencia empírica y la teoría. La relación entre experiencia y teoría es la base de las ciencias de la simplicidad; la relación mediatizada por la simulación es la base de las ciencias de la complejidad.

Pero estas relaciones no se darán siempre dentro de una función cognitiva, sino que serán proclives a desarrollar con mayor fuerza la función de manipulación. Los usuarios de SIG deberán ser conscientes de esto y saber claramente si estas situaciones son utilizadas con responsabilidad científica o como tecnología político-económica: el SIG utilizado para conocer o para manipular, en apoyo al desarrollo de una sociedad abierta y respetuosa de la verdad o para favorecer a grupos de poder que solamente impondrán visiones ficticias e hipócritas a través de prácticas autoritarias.

Recapitulación

De esta manera, una síntesis del rol de los Sistemas de Información Geográfica en la investigación de la Geografía aplicada y en la Teoría de la Geografía actual podría:

- a. Considerar la amplitud de estudios posibles en cuanto a la gran variedad de temáticas y procesos en conexiones multiescalares desde el mundo (espacio global) hasta el sitio (espacio local), realizando estudios empíricos constructivistas en donde se enfoque la materialidad espacial concreta de las entidades localizadas sobre el territorio.
- b. Considerar la perspectiva sistémica como marco general de análisis, teniendo en cuenta los aportes de la Teoría General de los Sistemas y la Teoría de los Sistemas Complejos en sus potencialidades para el análisis espacial actual. Esto permitiría no solamente verificar aquellas características que se manifiestan de forma conjunta en diferentes escalas sino, principalmente, las características propias de cada escala en la consideración de una realidad estratificada de niveles semiautónomos.
- c. Considerar la riqueza conceptual de la Geografía como ciencia madre de los Sistemas de Información Geográfica, tanto en el nivel de la focalización espacial apoyada por las perspectivas racionalista y cuantitativa, sino también por la combinación pluriparadigmática hacia niveles de análisis infra y suprafocales; todo ello en correspondencia con la consideración de la realidad como sistema complejo.
- d. Considerar que esta riqueza conceptual (sumada a la de otros campos disciplinares) es la que brindará la mejor posibilidad de uso de los Sistemas de Información Geográfica, de los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial y del proceso de verticalización que los Sistemas de Información Geográfica experimentan actualmente en su desarrollo (Eastman, 2007), comprendiendo que el mejor uso de esta tecnología no se hará a partir de estudiar el manual del usuario, sino que se le podrá sacar verdadero provecho a partir de estudiar Geografía.
- e. Considerar que estas temáticas específicas tienen una vocación decididamente empírica, porque las aplicaciones siempre surgen del análisis de la realidad y deben volver a ella para actuar en la búsqueda de soluciones concretas a problemáticas socioespaciales. Los resultados obtenidos siempre pertenecen, académicamente hablando, a una Geografía apli-

cable con muy buenas posibilidades de llegar a una Geografía aplicada (Phlipponneu, 2001) a partir de la fase de transferencia.

- f. Considerar que la evolución de los SIG replicó el camino de la evolución del pensamiento geográfico en las líneas que brindaron definiciones operativas para el desarrollo de una Geografía aplicada. De esta manera, la Geografía como ciencia se pone en el centro conceptual de la serie de campos emergentes con vocación espacial (Buzai, 2005b).
- g. Considerar que las últimas etapas del desarrollo de los SIG incluyen con mayor fuerza elementos de simulación, los cuales se apoyan en la posibilidad de manipulación. Estar al tanto de esto permitirá hacer un uso racional de los SIG, en el cual la función de manipulación no se sobreponga a la función cognitiva. Si fuese de forma inversa, la actividad científica se vería claramente disminuida y el papel del usuario sería el de una simple marioneta con formación académica.
- h. Para finalizar, podemos afirmar que la Geografía como ciencia hizo desarrollos sumamente valiosos, y el avance tecnológico pudo incorporarlos a través de los SIG para el estudio de la dimensión espacial. Cien años de desarrollo paradigmático fueron incorporados a cincuenta años de desarrollo tecnológico para llegar actualmente a contar con una tecnología en SIG completamente desarrollada. Sin embargo, el uso correcto de los SIG no se resuelve de manera técnica, sino principalmente desde un punto de vista teórico en la búsqueda de conocimientos simples y verdaderos que permitan apoyar una correcta toma de decisiones de planificación. El objetivo es mejorar la realidad que nos rodea, pero no haciendo alquimia de los datos, sino actuando claramente sobre la Geografía como base empírica.

Bibliografía

- Baxendale, C. A. (2000) "Geografía y planificación urbana y regional: una reflexión sobre sus enfoques e interrelaciones en las últimas décadas del siglo xx". En *Reflexiones geográficas*, 9: 58-70.
- Bosque Sendra, J. (2008) Conferencia. Día del SIG. Universidad de Barcelona.
- Buzai, G. D. (2005a) "Georreferenciando la Geografía del siglo xxi". En revista *Huellas*, 10: 177-189.

- Buzai, G. D. (2005b) "Geografía automatizada, ciencias de la información geográfica y ciencias sociales integradas espacialmente. Avances cuantitativos para los estudios territoriales del siglo XXI". En revista *Fronteras*, 4(4): 31-36.
- Buzai, G. D. (2011) "Aplicación de Sistemas de Información Geográfica. Visiones de futuro: identidad y privacidad". XIII Conferencia Iberoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica. Mesa redonda: La innovación geotecnológica como soporte para la toma de decisiones en el desarrollo territorial. Toluca, UAEM.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2006) *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Buzai, G. D.; Baxendale, C. y Cruz, M. R. (2009) Fases de un proyecto de investigación en estudios de Geografía aplicada basados en el uso de Sistemas de Información Geográfica. En revista *Fronteras*, 8: 31-40.
- Camara, G.; Miguel Monteiro, A. y Medeiros, J. S. (2003) "Representações computacionais do espaço. Fundamentos epistemológicos da ciência da informação". En *Revista de Geografia*, UNESP, 28(1): 83-96.
- Eastman, R. (2007) "La verticalización de los SIG". En Buzai, G. D. (comp.) *Memorias de la XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Luján, Universidad Nacional de Luján-SIBSIG, pp. 183-195.
- García, R. (2006) *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona, Gedisa.
- Gould, P. (1987) "Pensamientos sobre la Geografía". En revista *Geo-Crítica*, 68: 1-39.
- Hartshorne, R. (1939) "The nature of geography: a critical survey of current thought in the light of the past". En *Annals of the Association of American Geographers*, 29: 173-658.
- Hartshorne, R. (1959) *Perspectives on the Nature of Geography*. Chicago, Rand McMillan.
- Kuhn, T. S. (1970) *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, The Chicago University Press.
- Lakatos, I. (1983) *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid. Alianza.

- Pacione, M. (1999) "In pursuit of useful knowledge: the principles and practice of Applied Geography". En Pacione, M. (ed.) *Applied Geography: Principles and Practice*. Londres, Routledge, pp. 3-18.
- Philipponneau, M. (2001) *Geografía aplicada*. Barcelona, Ariel.
- Peet, R. (1977) "The development of radical Geography in the United States". En revista *Progress in Human Geography*, 1(2): 240-263.
- Sagan, C. (1980) *Cosmos*. Nueva York, The Scott Meredith Literary Agency.
- Piaget, J. (1972) *Psicología y epistemología*. Buenos Aires, Emecé Editores.
- Ratzel, F. (1882) *Anthropogeographie*. Vol. 1, Grundzüge der Anwendung der Geographie auf die Geschichte. Stuttgart, Engelhorn.
- Ratzel, F. (1891) *Anthropogeographie*. Vol. 2, Die Geographische Verbreitung des Menschen. Stuttgart, Engelhorn.
- Relph, E. (1976) *Place and Placeness*. Londres, Pion.
- Schaefer, F. K. (1953) "Excepcionalism in Geography: a methodological examination". En revista *Annals of the Association of American Geographers*, 43: 226-249.
- Soros, G. (2010) *The Soros Lectures at the Central European University*. Lecture one: The human uncertainty principle. Nueva York, Public Affairs.
- Stotman, J. (1999) Conferencia. Congreso internacional sobre la enseñanza de la Geografía frente a un mundo en cambio. Del 19 al 24 de abril. Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo.
- Varenius, B. (1974) *Geografía general en la que se explican las propiedades generales de la Tierra*. Barcelona, Ediciones de la Universidad de Barcelona.
- Vidal de la Blache, P. (1913) "Des caracteres distinctifs de la Géographie". En revista *Annales de Géographie*, 22(124): 289-299.
- Von Bertalanffy, L. (1968) *General Systems Theory. Foundations, Development, Applications*. Nueva York, George Braziller.
- Wagensberg, J. (1994) *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Barcelona, Tusquets.
- Windelband, W. (1970) *Historia general de la Filosofía*. Buenos Aires, El Ateneo.

3. La perspectiva del análisis espacial en los Sistemas de Información Geográfica

Manuel Fuenzalida Díaz¹

Resumen

La perspectiva del análisis espacial, originada en la geografía cuantitativa, ha pasado por un período de auge, uno de decadencia y, en la actualidad, está pasando por uno de revalorización, que, ayudado por la masificación de los Sistemas de Información Geográfica, posibilita a los analistas espaciales la comprensión de patrones territoriales basados en la estadística de datos espaciales y análisis con modelos espaciales. Si bien en el presente el análisis espacial está tratado en un contexto multidisciplinar, este es y seguirá siendo competencia privilegiada del geógrafo. No obstante, hay que superar una brecha en la oferta: el reto para las instituciones formativas es dejar atrás la miopía de que con SIG solo se puede ser técnico y no se puede generar pensamiento crítico.

Los antecedentes

Para la mayoría de los usuarios de Sistemas de Información Geográfica (SIG), esta herramienta ha posibilitado el trabajo multidisciplinario a partir de la consolidación de un neologismo definido como *geolocalización*. No cabe duda de que, desde sus inicios como ciencia, la Geografía ha venido tratando la localización –absoluta y relativa– y sus modelos –de Von Thünen, Weber, Christaller, Lösch–, pero para otras ciencias auxiliares la no tan compleja producción de “mapas” facilitada por los SIG ha abierto la posibilidad e incrementado las

¹ Departamento de Geografía - Universidad Alberto Hurtado. E-mail: mfuenzal@uahurtado.cl.
Web: <http://geografia.uahurtado.cl/>.

expectativas de incorporación en sus análisis de una variopinta cantidad de datos e información georreferenciada, monotemática o relacionada con otras informaciones espacializadas. El levantamiento de sitios arqueológicos, la delimitación de corredores biológicos o el trazado de las conductas sociales son un buen ejemplo de ello.

De esta forma, en la actualidad es posible encontrar fecundas líneas de investigación aplicada y profesional multidisciplinarias en torno a la Agronomía, Antropología, Ciencias Políticas, Ecología, Economía, Epidemiología, Geología, Hidrología, Marketing, Meteorología, Sociología, Turismo y Urbanismo, en donde una parte de sus análisis descansa en la descripción y explicación de elementos georreferenciados de la relación hombre-naturaleza. Es por ello que, paso a paso, los SIG han logrado penetrar en parte de los análisis de la Geografía rural, Geografía humana, Geografía política, Biogeografía, Geografía económica, Geografía de la salud, Geomorfología, Hidrografía, Geomarketing, Climatología, Geografía social, Geografía turística y Geografía urbana, y en estos momentos solo los geógrafos de pluma y papel siguen minimizando los aportes de la herramienta SIG en la consolidación de una Geografía proactiva en la multidisciplina, o, en la peor de las posturas, transmitiendo un mensaje de equivalencia a un quehacer técnico.

Afortunadamente, cada vez es menos frecuente encontrar en los nóveles geógrafos una renuencia al uso de esta herramienta. Lo que sí hay que advertir es que el uso de un SIG no convierte inmediatamente al usuario en un geógrafo-analista espacial. Saber cargar y visualizar un *layer*, ejecutar un proceso o diseñar un mapa de calidad, en estos momentos es facultad de la multidisciplina. Uno se desempeña como geógrafo, investigador o profesional cuando puede recurrir a esos saberes técnicos, y desde una posición avalada en una corriente filosófica y un enfoque particular puede realizar análisis espacial, el cual, siguiendo a Rojas Salazar (2005), podrá estar influenciado por los intereses del país de origen o residencia, por su clase social o por su formación ideológica.

Es importante recordar que los orígenes del análisis espacial se encuentran en la geografía cuantitativa, que se convirtió en una importante escuela de pensamiento durante las décadas del 50 y 60. Esta realizó un importante aporte al modernizar y convertir a la Geografía tradicional en una disciplina más científica, mediante una revolución dentro de las técnicas y los métodos geográficos, particularmente en la introducción de métodos estadísticos avanzados y el uso

de la tecnología cibernética, hasta entonces prácticamente desconocidos por la Geografía (Mattson, 1978).

Para aquellos que se adscribieron a esta forma de pensar y hacer Geografía, el objetivo del análisis espacial fue realizar una precisa descripción cuantitativa de carácter territorial, poniendo el énfasis en la distribución, la organización y la estructura de los hechos geográficos físicos, económicos y humanos y sus respectivas relaciones espaciales en un mismo espacio geográfico de análisis, lo cual implicaba la modelización espacial. Un resultado notable de la introducción de técnicas cuantitativas en Geografía fue que actualmente es posible contar con dos campos de estudio característicos para este tipo de análisis: la estadística de datos espaciales y los análisis con modelos espaciales, los cuales son aplicables a patrones de puntos, datos de área, conjuntos de datos y datos de interacción espacial (ver Cuadro 1), lo que implica que el geógrafo tenga un dominio de medidas de centralidad, de dispersión –de puntos y áreas– y de análisis de vecindad, de interacción espacial y de correlación y autocorrelación espacial.

No obstante, hubo un período de decadencia. A medida que fue pasando el tiempo, especialmente entre las décadas del 70 y 80, se produjo una desilusión con la perspectiva del análisis espacial. Cuestiones más amplias y socialmente demandadas como la equidad, la contaminación, la incertidumbre por las crisis mundiales de energía y la economía no encontraban resultados fáciles de interpretar o prácticos de utilizar (Clarke, 1997; Harris y Batty, 2001). Sin embargo, a partir de mediados de la década del 90 se puede observar una reevaluación de las técnicas de análisis espacial, esencialmente como consecuencia del mayor desarrollo experimentado por los SIG, que en su posición de herramientas informáticas capaces de representar el espacio sirvieron como un conjunto de instrumentos de gran utilidad para el análisis de la realidad territorial.

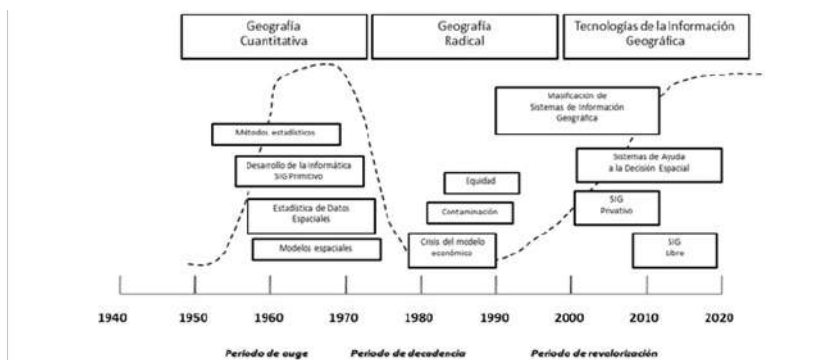
Cuadro 1. Tipos de técnicas y métodos de análisis de datos especiales

	Análisis exploratorio de datos espaciales	Modelos impulsados por el análisis de datos espaciales
Objeto de datos		
Patrón de puntos	Método Cuadrático Estimadores de densidad de <u>Kernel</u> Métodos vecino más próximo Análisis de función <i>K</i>	Modelos de procesos de <u>Poisson</u> , y extensiones <u>multivariantes</u>
Datos de área	Medidas globales de asociación espacial: Índice de Moran Medidas locales de asociación espacial: Diagrama de dispersión de Moran	Modelos de regresión espacial Modelos de regresión con residuos espacialmente <u>autocorrelacionados</u>
Conjunto de Datos	<u>Variograma y covariograma</u> Estimadores de densidad de <u>Kernel</u> Polígonos de <u>Thiessen</u>	Modelos de tendencia de superficies Predicción espacial y <u>kriging</u> Modelo lineal generalizado espacial
Datos de interacción espacial	Técnicas exploratorias de representación de datos Técnicas para seleccionar pruebas de estructura jerárquica en los datos como el <u>semivariograma</u> y técnicas de regionalización	Modelos de interacción espacial Modelos de localización-asignación Búsqueda espacial y modelos de elección espacial Modelado de caminos y flujos a través de una red

Fuente: M. Fischer, 2001.

Así, un número considerable de publicaciones ilustran el creciente interés académico en las posibilidades del uso de modelos espaciales apoyados en SIG con la búsqueda de soluciones a problemas de localización de actividades en el territorio. *Geofocus* (España), *GeoSig* (Argentina), *Mapping Interactivo* (España), *Revista Geográfica de Valparaíso* (Chile), entre otras, son revistas científicas de acceso gratuito para quienes están interesados en plasmar ideas o encontrar trabajos aplicados en esta temática. Para gran parte de la comunidad académica interesada en esta perspectiva, comparten las ideas de que, por un lado, los SIG han aportado significativamente a la evaluación de distintas alternativas en función de la aptitud y capacidad del territorio, y por otro lado, que el análisis espacial ha progresado hacia los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, desembocando en instrumentos de gran utilidad para la localización de usos del suelo y actividades (Grothe y Scholten, 1993).

Cuadro 2. Desarrollo de la perspectiva del análisis espacial



Fuente: elaboración propia.

En línea con lo anterior y siguiendo a Basildo y López (1998), en la búsqueda de soluciones específicas a los problemas de localización espacial se advierte un creciente interés por la integración de métodos multicriterio en el proceso de toma de decisión, entendida esta como la selección de alternativas que representan distintas formas de actuación, de hipótesis, de localizaciones para determinadas instalaciones o equipamientos, etc. El comportamiento racional implica la evaluación de la elección de alternativas basadas en criterios concretos (Eastman *et al.*, 1993), como por ejemplo eficiencia o equidad.

Reevaluación del análisis espacial

Con fines didácticos, se pueden resumir los acontecimientos responsables de la reevaluación del análisis espacial por parte de la comunidad científica en los siguientes hechos: 1) el avance en desarrollos tecnológicos; 2) una importante masa crítica de usuarios de SIG; y 3) propuestas académicas innovadoras en el ámbito del análisis espacial (Longley y Batty, 1996; Basildo y López, 1998; Bosque y Moreno, 2004; De Smith, Goodchild y Longley, 2006). Los glosaremos a continuación.

El progreso tecnológico estimula el análisis espacial en, al menos, tres modos. Para empezar, la disponibilidad y accesibilidad a mejores y más potentes computadoras de escritorio/dispositivos móviles ha eliminado el cuello de botella que significaba el tratamiento de grandes volúmenes de datos para el análisis espacial. Por otra parte, los SIG proporcionan excelentes herramientas para la

gestión de datos espaciales y visualización, ambas características muy deseadas por los analistas espaciales. Por último, en general desde fines de la década del 90 existe una mayor disponibilidad de datos digitales georreferenciados, que pueden ser utilizados como insumos en modelos espaciales. Las nuevas y amigables técnicas de captura de datos, como los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), la disponibilidad de imágenes satelitales para realizar teledetección o los servicios de geovisualización como Google Earth, entre otros, han llegado al alcance de la mayoría de los usuarios y han permitido que los SIG se nutran cada vez más de bases de datos espaciales con mayor exactitud, calidad, actualidad, y a menor costo.

El segundo hecho se refiere a la evolución de las necesidades de la masa crítica de usuarios de SIG. Cada vez hay un mayor número de profesionales y/o académicos que quieren utilizar SIG para el análisis de sus datos, alejándose de la inicial perspectiva de tratamiento de datos a través de tablas y gráficos. A pesar de que la demanda de este tipo de funcionalidad es todavía limitada a un perfil de usuario más avanzado y por áreas de aplicación como la planificación de servicios y de negocios, la demanda global seguirá aumentando en el futuro. Esta evolución pone de manifiesto el progreso de los SIG hacia una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, capaz de sofisticados análisis y de la modelización de operaciones de interés. También refleja el deseo de las organizaciones de obtener ventajas competitivas por la utilización de los SIG (Moreno, 2003).

Finalmente, el tercer acontecimiento proviene de las propuestas académicas innovadoras en el ámbito del análisis espacial. En la actualidad, la reformulación o la reestructuración de los modelos han dado lugar a una nueva generación de modelos analíticos con un mayor grado de credibilidad y aceptación. Se ha optado por una tendencia a diseñar modelos a gran escala, ricos en datos, para que puedan ser aplicados a distintas áreas de estudio, y no solo sirvan, como en el pasado, a áreas de estudio específicas. En este esfuerzo se han sustituido los modelos basados en técnicas deterministas por modelos basados en técnicas probabilísticas, capaces de una más adecuada representación espacial de la conducta humana. Hay que agregar también que no solo se han mejorado los métodos existentes, sino que también se ha implementado toda una serie de métodos nuevos, como las redes neuronales o las autómatas celulares.

La acción combinada de estos acontecimientos ha servido para que muchas de estas básicas y avanzadas capacidades de análisis espacial se hayan incorporado al software comercial de los SIG en los últimos años. A pesar de estos beneficios, muchos profesionales analistas espaciales auguran que el éxito de

los SIG depende en buena medida de la incorporación de herramientas más poderosas de modelización y análisis espacial, que, a pesar de su desarrollo, en la actualidad solo están presentes como soluciones parciales (Barredo, 1996).

El futuro

A la luz de los argumentos expuestos, se hace pertinente plantear la siguiente pregunta: ¿qué pasará en el futuro con el análisis espacial en los SIG? Es muy probable esperar un mayor incremento de la funcionalidad de análisis espacial en los SIG como resultado de la progresión de los acontecimientos antes descriptos. El éxito de los métodos de análisis espacial en los SIG, por lo tanto, depende en gran medida de su capacidad de proporcionar un apoyo real a la toma de decisiones mediante una oferta aceptable y robusta de métodos que contribuyan a la resolución de problemas en planificación locacional (Clarke, 1997).

De igual modo, el reto futuro para los analistas espaciales está dado por la mejora, aún más, de sus métodos de análisis, por apoyar su aplicación práctica en la planificación de contextos y por la educación de los usuarios finales sobre las ventajas y los inconvenientes de su utilización.

Si bien este próximo escenario puede ser aplicado al contexto de la multidisciplina, la Geografía debería ser optimista y consciente del rol que ha sido llamada a ocupar: el análisis espacial es, y seguirá siendo, competencia privilegiada del geógrafo.

Por esto, una de las principales preocupaciones de la nueva camada de geógrafos debería ser el dominio de la herramienta SIG, mas no la habilidad sobre un software SIG en particular, en especial si este es de pago. El solo hecho de imaginar que la incorporación al mundo laboral del geógrafo, investigador o profesional depende de la existencia de un determinado software SIG comercial en la institución a la cual ha decidido postular, es tan insensato como suponer que un médico solamente sabe oír los sonidos internos del cuerpo humano usando determinada marca de estetoscopio.

En esta materia también hay una razón de eficiencia: países en vías de desarrollo, como los del conjunto de nuestra región, podrían financiar más ítems de investigación si se ahorraran la licencia comercial de un software SIG. La alternativa, que son los SIG libres y de código abierto, actualmente está cubriendo casi la totalidad de las funciones de análisis espacial ofrecidas por los SIG de pago (ver Cuadro 3).

De esta forma, se abre un mundo de posibilidades para nuestra ciencia y para los analistas espaciales. En gran medida, las obras de Buzai y Baxendale (2006), Moreno y Buzai (2008) y Moreno, Buzai y Fuenzalida (2012) han visionado las necesidades formativas, y en ellas se pueden encontrar gran cantidad de aplicaciones de análisis espacial con software de pago y libre. El ajuste a una realidad espacial concreta y la réplica de más y mejores técnicas de análisis espacial dependerá de la madurez de las líneas temáticas geográficas.

Cuadro 3. Comparativa de funcionalidades entre diferentes SIG de escritorio

Tarea	GRASS	QGIS	ILWIS	uDig	SAGA	Open Jump	MapWindow	gvSIG	Arc View 9.3+
Visualización/exploración	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Creación/digitalización	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Edición/actualización	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Fusión/integración	•			•		•		•	•
Presentación									
Mapas	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Mapas temáticos	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Gráficos	Via R	•	•	•	•	•	•	•	•
Tablas	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Análisis de superposición									
Ráster	•	Via GRASS	•	Via <u>GRASS</u>	•	Via Sextante	•	Vias Sextante	
Vector	•	•	•	•	•	•	•	•	Parcial
Estadística espacial	Via R	•	•	Via <u>GRASS</u>	•	Pico-JUMP	Sólo <u>ráster</u>	Vias Sextante	•
Personalización (script/API)	API, Python, Perl	API, Python	ILWIS scripts	API, Groovy	API, Python	API, Python	API (.Net)	<u>Python</u>	Python y otros
Importación datos GPS	•	•	•	•	•	•	•	gvSIG Mobile Pilot	•

• provee la funcionalidad; o provee la funcionalidad mediante plugins (ej. extensiones)
 * ESRI ArcGIS/ArcView 9.3: sólo se consideraron las funcionalidades estándar, no las que proveen las extensiones pagadas.

Fuente: Silva (2011), adaptado de Steinger y Fay (2009).

Bibliografía

- Barredo, J. (1996) *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Madrid, Editorial Ra-Ma.
- Basildo, R. y López, P. (1998) “Aproximación bibliográfica a los Sistemas de Información Geográfica aplicados a la ordenación del territorio y los recursos naturales”. En *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, N.º 18, pp. 319-335.

- Bosque, J. y Moreno, A. (2004) *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Madrid, Editorial Ra-Ma.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2006) *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Clarke, G. (1997) "Applied spatial modelling for business and service planning". En *Computers, Environment and Urban Systems*, 21 (6), pp. 373-376.
- Eastman, J.; Jin, W.; Kyem, P. y Toledano, J. (1993) *GIS and Decision Making*. Ginebra, UNITAR.
- Fischer, M. (2001) "Spatial analysis in Geography". En Smelser N. y Baltes P. (eds.) *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. Oxford, Elsevier, pp. 14752-14758.
- Grothe, M. y Scholten, J. H. (1993) "Modelling catchment areas. Toward development of spatial decision support system for facility localization problem". En Fischer, M. y Nijkamp, P. (eds.) *Geographic Information System. Spatial Modelling and Policy Evaluation*. Berlín, Springer-Verlag, pp. 263-280.
- Harris, B. y Batty, M. (2001) "Locational Models, Geographic Information and Planning Support Systems". En Brail, R. K. y Klosterman, R. E. (eds.) *Planning Support Systems. Integrating Geographic Systems, Models and Visualization Tools*. Redlands, ESRI Press.
- Longley, P. A. y Batty, M. (1996) *Spatial Analysis. Modelling in a GIS Environment*. Cambridge, Geo Information International.
- Moreno, A. (2003) "Modelado y representación cartográfica de la competencia espacial entre establecimientos minoristas". En *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, N.º 35, pp. 55-78.
- Moreno, A. y Buzai, G. (2008) *Análisis y planificación de servicios colectivos con sistemas de información geográfica*. Madrid, Grafiprintin.
- Moreno, A., Buzai, G. y Fuenzalida, M. (2012) *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales*. Madrid, Editorial Ra-Ma.
- Rojas, T. (2005) "Epistemología de la Geografía. Una aproximación para entender esta disciplina". En *Terra Nueva Etapa*, XXI, N.º 30, pp. 141-162.

- Silva, A. (2011) “Contexto y oportunidades de negocio en torno a los Sistemas de Información Geográfica libres y de código abierto en Chile”. En *Revista Geográfica de Valparaíso*, N.º 44, pp. 63-79.
- Steiniger, S. y Hay, G. J. (2009) “Free and open source geographic information tools for landscape ecology”. En *Ecological Informatics*, 4 (4), pp. 183-195.

Referencias en línea

- De Smith, M; Goodchild, M. F. y Longley, P. A. (2006) *Geospatial Analysis. A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools*. Leicester, Troubadour, 2.^a ed. Disponible en: <http://www.spatialanalysisonline.com/output/>.
- Mattson, K. (1978) “Una introducción a la Geografía radical”. En *Cuadernos críticos de Geografía humana*, N.º 13, enero. Disponible en: <http://www.ub.es/geocrit/geo13.htm>.

Metodología

1. Medidas de segregación socioespacial y Sistemas de Información Geográfica

Presentación de la aplicación SpatialSeg

Santiago Linares¹

Resumen

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) resultan un soporte metodológico fundamental para la modelización y análisis espacial del proceso de segregación urbana, permitiendo conocer objetivamente el grado de uniformidad/aglomeración y aislamiento/exposición de los grupos socioeconómicos en las diferentes áreas residenciales. En esta presentación se explicitan los procedimientos metodológicos y potencialidades de la aplicación SpatialSeg integrada al Sistema de Información Geográfica ARCGIS 9.3.

Introducción

Desde diversas disciplinas se han realizado esfuerzos por construir indicadores sintéticos que permitan analizar de forma parametrizada la segregación socioespacial urbana, tratando de obtener representaciones holísticas de este fenómeno e intentando eliminar las arbitrariedades en su medición, implementación e interpretación. Es en este sentido que los antecedentes metodológicos respectivos al estudio de la segregación demuestran en su evolución diferentes grados de aproximación y modelización de la realidad.

¹ Centro de Investigaciones Geográficas - Facultad de Ciencias Humanas (UNCPBA) - CONICET.
E-mail: slinares@cig.org.ar. Web: www.cig.org.ar.

Entre los primeros antecedentes se pueden citar los índices de exposición propuestos por Bell (1954), el índice de disimilitud y el índice de segregación propuestos por Duncan y Duncan (1955) y el índice Delta desarrollado por Duncan *et ál.* (1961). A partir de ellos se suceden una serie de publicaciones en los Estados Unidos destinadas a investigar las propiedades, potencialidades y límites de los índices mencionados, como así también proponer nuevas alternativas de medición. Entre los autores destacados podemos citar a Taeuber y Taeuber (1976), Zoloth (1976), Cortese *et ál.* (1976), Jakubs (1976) y Zelder (1976).

Los debates entre estos autores permitieron superar la etapa de las formulaciones matemáticas para cuantificar las diferencias entre dos grupos de población (que por el contexto sociocultural norteamericano se trataba de blancos y negros), y avanzar sobre aspectos inconclusos que los índices propuestos hasta entonces no asimilaban. Entre estos se encontraba la necesidad de superar el sesgo dicotómico de las estructuras poblacionales y avanzar hacia indicadores que reconocieran la diversidad sociocultural que caracteriza a las ciudades.

En respuesta a esta necesidad fueron propuestos diversos índices para medir la segregación, como el índice de entropía multigrupo de Theil y Finezza (1971), el índice de disimilitud multigrupo de Morgan (1975) y Sakoda (1981), el índice de aislamiento normalizado de Massey y Dentons (1988), el índice centrográfico multigrupo de Wong (1999) y el índice Gini generalizado (Reardon y Firebaugh, 2002).

En la última década, las investigaciones metodológicas en este campo han estado brindando soluciones a los errores inducidos por las unidades espaciales de análisis (radios censales), cuya artificialidad geométrica y topológica impide realizar mediciones más realistas sobre la segregación, aspecto denominado comúnmente por la literatura anglosajona como “aspatial”.

Según Reardon y O’Sullivan (2004), se pueden identificar dos problemas en las mediciones no espaciales de la segregación: el “problema del tablero de ajedrez” y el “problema de la unidad espacial modificable”. El primero, denominado en inglés *checkerboard problem*, proviene del hecho de que las medidas de segregación no espaciales ignoran la proximidad y las relaciones de vecindad, focalizando, para realizar los cálculos, solo sobre la composición de cada unidad espacial en forma aislada. Así, los índices que miden uniformidad no reconocen las relaciones topológicas entre las unidades de medición (radios censales), por lo que un índice de uniformidad podría arrojar el mismo resultado, independientemente del agrupamiento o dispersión de las unidades

de medición con predominio del grupo de población analizado (Sabatini y Sierralta, 2006; Reardon y O'Sullivan, 2004).

No obstante, Reardon y O'Sullivan (2004) señalan otro problema en las mediciones de segregación: el "problema de la unidad espacial modificable" (PUEM o, por sus siglas en inglés, MAUP), que surge de la imposición de unidades geográficas artificiales para reportar fenómenos continuos, trayendo como consecuencia la generación de estructuras geográficas artificiales (Heywood *et ál*, 1998).

Este problema afecta a las mediciones de segregación porque la información sobre población, viviendas y hogares está recolectada, agregada y divulgada para unidades espaciales (segmentos, radios, fracciones, etcétera) que no necesariamente se corresponden con divisiones socioespaciales reales. Este hecho afecta a las mediciones de segregación en dos aspectos:

- a. Asociado a la escala de medición: cuanto más grande sea la unidad de medición en el área de estudio, se producirá un efecto de agrupamiento, con su consecuente pérdida de nivel de detalle y, por ende, los índices tenderán a descender, debido a que la composición de grupos se asemejará a la ciudad.
- b. Asociado al método o a los criterios para realizar las delimitaciones de las unidades de medición (*zoning*) que afectarán directamente a los resultados de la medición: existen variados estudios empíricos donde, manteniendo tanto la escala como la cantidad de unidades de medición, los resultados demuestran grandes diferencias, explicadas por la forma en que fueron delimitadas las unidades de medición (Bosque Sendra, 1988; Wong, 1997).

Con el propósito de detectar las relaciones topológicas de las unidades espaciales en las mediciones de segregación y eliminar la artificialidad y el condicionamiento que provocan las delimitaciones arbitrarias de las unidades censales, diversos autores aportaron algunas propuestas de medición: Jakubs (1981), Morgan (1983), White (1983, 1986), Morril (1991), Wong (1999), Wu y Sui (2001), Grannis (2002), Reardon y O'Sullivan (2004) y Jargowsky y Kim (2005).

Actualmente, y a partir de la difusión de las tecnologías de la información geográfica y sus potencialidades para realizar análisis espacial cuantitativo, es posible incorporar todo el desarrollo teórico y metodológico vinculado a la medición de la segregación socioespacial en el entorno de los SIG de forma integral y estandarizada. Dentro de los avances más destacados se pueden citar

las pioneras extensiones propuestas para Arc/Info por Wong y Chong (1998); luego para ArcVIEW por Wong (2003); las extensiones de Aparicio (2000) para MapInfo; la aplicación C#.net que emplea archivos Shapefile, de Aparicio y Petkevitch (2006); y, recientemente, la aplicación SpatialSeg para ARCGIS 9.2/9.3 desarrollada por Graham y O'Sullivan (2007), basada en los métodos expuestos en Reardon y O'Sullivan (2004).

Esta última propuesta resulta ser ampliamente superadora al evaluar las medidas de segregación espacial frente a un conjunto de criterios conceptualmente significativos, como lo han hecho James y Taeuber (1985) con las medidas tradicionales. El cumplimiento de estos criterios implica que la medición registrará un cambio apropiado en los niveles de segregación de acuerdo a los planteos teóricos expuestos. Por el contrario, el incumplimiento implicaría inconsistencias conceptuales invalidando las medidas para los fines propuestos. Dado que los criterios iniciales fueron desarrollados para evaluar medidas no espaciales, Reardon y O'Sullivan (2004) describen un conjunto general de ocho criterios para evaluar medidas espaciales de segregación: 1) interpretabilidad de la escala; 2) independencia de los límites arbitrarios; 3) equivalencia de ubicación; 4) invariancia de la densidad de población; 5) invariación de la composición; 6) transferencia e intercambios; 7) descomposición espacial aditiva; y 8) descomposición aditiva de agrupamiento.

Medir la segregación mediante la aplicación SpatialSeg

La aplicación SpatialSeg para ARCGIS 9.2/9.3 fue desarrollada por Graham y O'Sullivan (2004). Puede descargarse gratuitamente desde el sitio web del Population Research Institute (Pennsylvania State University).

La aplicación está configurada para operar con notación regional estadounidense, por lo tanto, es necesario asegurarse de que la configuración regional del sistema operativo sea la apropiada.

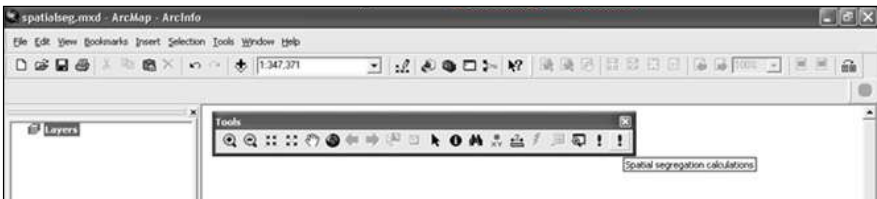
El primer paso consiste en editar un archivo vectorial en formato Shapefile que represente los polígonos de los radios censales del área urbana a ser analizada. Este archivo debe contener necesariamente un sistema de proyección (para que puedan realizarse los cálculos) y un único identificador de área (ID o código de radio censal).

El segundo paso es crear la base de datos en formato “.dbf”, donde las filas indicarán el código de radio censal, y las columnas, las variables a analizar en el área de estudio (por ejemplo la raza, el origen étnico, las ocupaciones o los

niveles de ingresos). Al construir la base de datos se recomienda que los nombres de los campos utilizados para las variables tengan menos de ocho caracteres, y debe obligatoriamente incluir un campo que contenga los identificadores únicos que permitan luego vincular la base con los polígonos censales anteriormente digitalizados.

El tercer paso es abrir el documento de mapa denominado “spatialseg.mxd” desde ArcMap, y por defecto se desplegará la aplicación *spatial segregation calculations* dentro de la ventana de herramientas, como se observa en la Figura 1. Al cliquear sobre la aplicación se abrirán consecutivamente una serie de formularios de configuración requeridos para realizar los cálculos.

Figura 1. Aplicación SpatialSeg en ARCGIS



Fuente: elaboración propia.

El cuarto paso se presenta en la Figura 2 y consiste en buscar y seleccionar, si es que existe, el archivo de configuración donde se encuentren los parámetros deseados para realizar los cálculos. En el caso de ser la primera vez que se ejecuta esta aplicación, solo se puede optar por continuar.

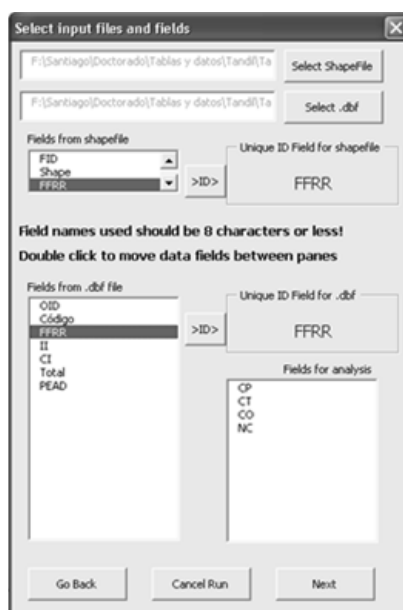
Figura 2. Archivo de configuración de SpatialSeg



Fuente: elaboración propia.

El quinto paso requiere seleccionar el archivo Shapefile que contiene la delimitación de los radios censales urbanos y el archivo de base de datos “.dbf” que contiene la cantidad de población según grupos sociales considerados en las mediciones, pudiendo ser analizadas diversas problemáticas de segregación según el contexto regional de aplicación, como por ejemplo la segregación racial en Estados Unidos o en Brasil, la segregación étnica según cultura, lengua y/o religión en el contexto europeo, o la segregación socioeconómica según niveles de ingresos, categoría ocupacional o nivel educativo que caracteriza la estructura urbana de las ciudades latinoamericanas. A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 3 la selección de los radios censales correspondientes a la localidad de Tandil, como así también la base de datos que clasifica a la población económicamente activa en cuatro categorías según la calificación de las ocupaciones (INDEC, 2001): Calificación profesional (CP), Calificación técnica (CT), Calificación operativa (CO) y No calificada (NC). Para ambos archivos deberá indicarse cuál es el campo que contiene el identificador único.

Figura 3. Selección de base de datos gráfica y alfanumérica en SpatialSeg



Fuente: elaboración propia.

El sexto paso se muestra en la Figura 4 y consiste en definir los parámetros de desagregación espacial de los datos de entrada a partir de métodos geostatísticos.

Figura 4. Parámetros de desagregación espacial en SpatialSeg

Input Parameters

Smoothing
☐ None
☒ Pycnophylactic
☐ Anti-Smoothing

Shift Grid
☐ 1/2 cellsize in X direction
☐ 1/2 cellsize in Y direction

Stopping Criteria
Max iterations: 10
Tolerance: 0,0001

Grid Aggregation
If you would like to limit the cellsize to radius ratio then enter the denominator in the box:
1/

☐ Use Adaptive Grid

Enter values and click +/- to add or remove
Map Units are set to Meters

Cellsize: 100 +/-

Bandwidth: 300 +/-

Go Back Next

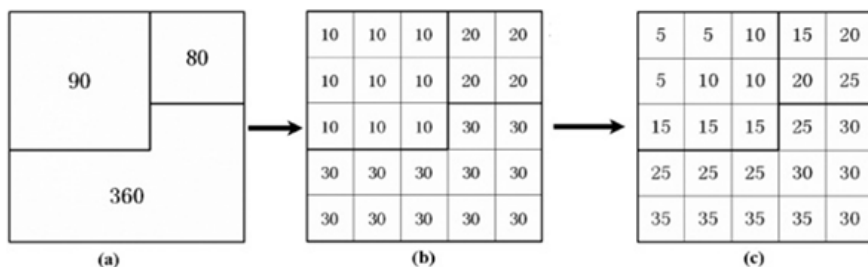
Fuente: elaboración propia.

A partir de este formulario, el usuario tiene la opción de elegir un método de suavizado (*smoothing*). En caso de no optar por este procedimiento, los valores de densidad por unidad de superficie se distribuirán equitativamente en el área censal hasta alcanzar el total de los individuos del grupo en cuestión sin discriminar diferencias en su interior (Figura 5.b).

Si, por el contrario, se emplea el método de interpolación picnofiláctica suavizado (Tobler, 1979), será posible modelizar las diferencias internas en cada entidad discreta, como así también eliminar las transiciones abruptas entre los límites de cada polígono censal (opción *Pycnophylactic*). Este proceso implica internamente una sustitución del valor inicial de cada celda por el valor medio de ella y sus vecinas, y también, respetar la condición picnofiláctica o de conservación del volumen de población en cada uno de los radios de partida (Figura 5.c).

Es un proceso que se realiza de manera iterativa, alternándose las operaciones de suavizado con la introducción de correcciones que garanticen el cumplimiento de las condiciones anteriores, deteniendo el mismo al alcanzar una superficie que presente una variación mínima entre las celdas en todas las direcciones (matemáticamente, se obtiene buscando una superficie que haga mínima la suma de los cuadrados de las derivadas parciales en todos los puntos). En esta instancia es posible también seleccionar la opción antialisado (*Anti-Smoothing*).

Figura 5. Interpolación picnofiláctica suavizada



Fuente: adaptado de Shu, Y. *et al.* (2010).

En el caso de optar por este método de interpolación picnofiláctico suavizado, es necesario indicar dos criterios: la cantidad máxima de iteraciones y la tolerancia de cambio. El primero indica el número máximo de iteraciones posibles, que al alcanzarlo detendrá automáticamente el proceso de suavizado. Por su parte, la tolerancia se utiliza para establecer el valor de cambio mínimo significativo entre cada iteración, que, en caso de no cumplir con esta condición, se detendrá el proceso, y se considera que los datos se encuentran suficientemente suavizados.

Finalmente, en este paso es donde se establece el tamaño de celda de la capa ráster resultante (nueva unidad espacial) y el radio empelado para definir el entorno local (vecindario) en las mediciones de segregación. Para este ejemplo se emplea un tamaño de celda de salida de 100 m por 100 m y un radio de 300 m que representa fielmente el perímetro de desplazamientos pedestres más frecuentes en las áreas residenciales de las ciudades medias.

Existen otras opciones complementarias, como la de desplazar 1/2 celda en dirección a los ejes X y/o Y, para lograr una mejor adaptación, agregar las celdas del ráster a partir de una relación entre el tamaño de celda y el

radio establecido y utilizar una grilla adaptativa que reduce el número de puntos utilizados para el análisis de los cálculos de densidad focal en zonas escasamente pobladas.

A partir de la transformación de los datos a una expresión geográfica continua, y la posterior contemplación y medición de la proximidad espacial entre los puntos en un área de estudio (R), es posible calcular toda una serie de parámetros locales y globales que serán fundamentales para las medidas y los análisis de segregación socioespacial. Dentro de estos parámetros se encuentran:

τ_p = densidad de población en el punto p ,

τ_{gm} = densidad de población del grupo m en el punto p ,

T = total de la población en R ,

$\tilde{\tau}_p$ = densidad de población del entorno local del punto p ,

$\tilde{\tau}_{pm}$ = densidad de población del grupo m en el entorno local del punto p ,

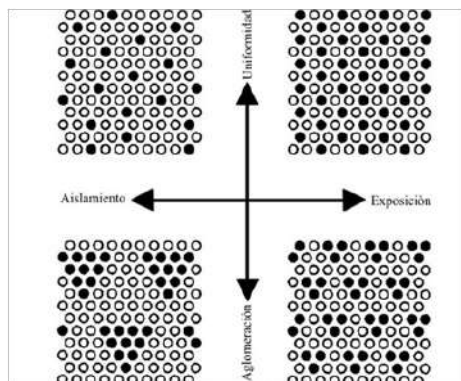
T_m = proporción del grupo m sobre el total de la población,

π_{pm} = proporción del grupo m sobre el total de la población en el punto p ,

$\tilde{\pi}_{gm}$ = proporción del grupo m sobre el total de la población en el entorno local del punto p .

El séptimo paso consiste en seleccionar los índices de segregación espacial para cada una de las dimensiones objetivas de medición y los grupos que se desea incluir en los cálculos.

Conceptualmente, podría afirmarse que existen dos dimensiones principales para la segregación socioespacial (Figura 6): la exposición espacial (o su opuesto: el aislamiento espacial) y la uniformidad espacial (o su opuesto: la aglomeración espacial). La exposición espacial se refiere a la medida en que los miembros de un grupo se encuentran con miembros de otro grupo (o de su propio grupo, en el caso del aislamiento espacial) en un entorno residencial próximo, y la uniformidad espacial se refiere al grado en que los grupos están igualmente distribuidos en el espacio residencial. La exposición espacial depende, en gran parte, de la composición general de la población en la ciudad objeto de estudio, mientras que la uniformidad espacial es independiente de la composición de la población.

Figura 6. Dimensiones objetivas de la segregación socioespacial

Fuente: adaptado de Reardon y O'Sullivan (2004, p. 126).

Para medir la exposición espacial, la herramienta SpatialSeg calcula la composición media de los entornos locales de los miembros de cada grupo. Para medir la uniformidad espacial, analiza la variación distribucional que hay entre los entornos locales de los grupos analizados y en toda el área urbana. Si la distribución en el entorno espacial de un miembro m es relativamente similar a su distribución en toda el área urbana, hay uniformidad espacial; por el contrario, si existe una variación distribucional considerable entre entornos espaciales a un punto específico y lo que ocurre en el área urbana total, indicaría la presencia de aglomeración y segregación socioespacial.

Las medidas disponibles en SpatialSeg se presentan en la Figura 7 y son las desarrolladas en Reardon y O'Sullivan (2004). Dentro de las medidas de uniformidad se encuentra el índice de la teoría de la información espacial (H), el índice de diversidad relativa espacial (R) y el índice de disimilitud espacial (D); en los tres casos el valor máximo es 1, indicando una segregación completa, y será igual a 0 si cada entorno local tiene una composición igual a la de toda la población en el área de estudio. Los índices de exposición/aislamiento espacial (P^*) también están limitados entre 0 y 1; para el caso de la exposición del grupo m al grupo n , el 0 indicará ausencia de exposición, y el 1, el máximo nivel de exposición posible; mientras que el índice de aislamiento evalúa la exposición espacial del grupo m con miembros de su mismo grupo, en donde 1 significará el aislamiento absoluto del grupo m . Para el cálculo de estas medidas es posible optar por varias combinaciones entre los grupos analizados: de a pares, uno contra el resto, multigrupo, o bien emplear las opciones avanzadas para crear

combinaciones que no existen por defecto. También es una opción posible guardar el resultado de las medidas no espaciales.

Figura 7. Selección de medidas de uniformidad y exposición en SpatialSeg



Fuente: elaboración propia.

El octavo paso consiste en asignar un directorio donde se creará la carpeta que guardará los resultados, asignarle un nombre y optar por utilizar subdirectorios previamente creados en caso de realizar análisis con diferentes niveles de agregación y radios de influencia (escalas de segregación).

Por último, se muestra un resumen de todos los parámetros seleccionados en cada uno de los formularios; en caso de estar de acuerdo solo resta ejecutar la aplicación.

Resultados

Al finalizar la ejecución de la aplicación obtendremos en el directorio creado los siguientes archivos y carpetas:

- Archivo de texto con los datos de configuración.
- Archivo de texto de registro.
- Archivo de texto con los resultados de la ejecución (Figura 8).

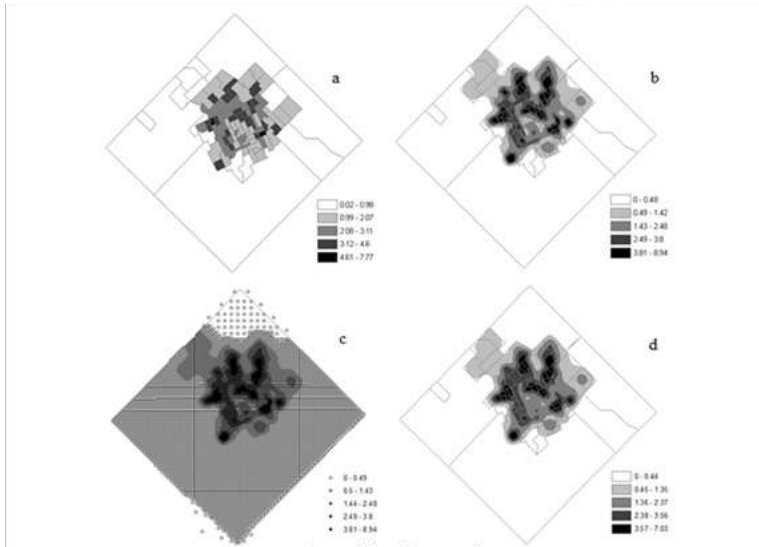
- d. Archivo Shapefile (compuesto por los ficheros shp, shx, dbf y prj) de polígonos de los radios censales del área seleccionada, incluyendo también los datos del análisis (Figura 9.a).
- e. Una carpeta llamada “cell_xxdensity”, donde xx es el tamaño de celda seleccionado (en nuestro ejemplo, “cell_100density”).
 - Dentro de esta carpeta se generan los archivos ráster de densidad para cada uno de los grupos seleccionados (Figura 9.b). Estos archivos expresan por defecto los valores de densidad esperada por unidad de superficie multiplicada por 100002. Pueden ser transformados posteriormente a hectáreas o a otra unidad para una mejor interpretación.
 - También se almacenan los archivos Shapefile de puntos utilizados para realizar los análisis de densidades focales (Figura 9.c).
- f. Una carpeta llamada “radyyy_xx”, donde yyy es el radio de influencia seleccionado y xx es el tamaño de celda seleccionado (en nuestro ejemplo, “rad300_100”).
 - Dentro de esta carpeta se crea la subcarpeta “Kernel”, donde se almacenan los archivos ráster que indican la densidad por hectárea del grupo m en el entorno local del punto p . En nuestro ejemplo se refiere al área definida por un radio de 300 m desde el punto p (Figura 9.d).

Figura 8. Resultados globales de uniformidad y exposición en SpatialSeg

Observ	adyngrps	diagrps	Pycen	AdjPct	AggRatio	CellSize	Radius	Type	Meanuse	Result
TamB2001	par.1.2.0.0	CPCT.COINC	Verdades	Verdades	0	100	100	Nominal	H	0.04304
TamB2001	par.1.2.0.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Nominal	E	0.87040
TamB2001	par.1.2.0.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Nominal	H	0.04500
TamB2001	par.1.0.2.0	CPCT.COINC	Verdades	Verdades	0	100	100	Nominal	H	0.14182
TamB2001	par.1.0.2.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Nominal	E	0.64202
TamB2001	par.1.0.2.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Nominal	H	0.14117
TamB2001	par.1.0.2.0	CPCT.COINC	Verdades	Verdades	0	100	100	Nominal	H	0.13422
TamB2001	par.1.0.2.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Nominal	E	0.91307
TamB2001	par.1.0.2.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Nominal	H	0.22634
TamB2001	par.0.1.2.0	CPCT.COINC	Verdades	Verdades	0	100	100	Nominal	H	0.03602
TamB2001	par.0.1.2.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Nominal	E	0.90640
TamB2001	par.0.1.2.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Nominal	H	0.05781
TamB2001	par.0.1.0.2	CPCT.COINC	Verdades	Verdades	0	100	100	Nominal	H	0.11029
TamB2001	par.0.1.0.2	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Nominal	E	0.90464
TamB2001	par.0.1.0.2	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Nominal	H	0.10757
TamB2001	par.0.1.0.2	CPCT.COINC	Verdades	Verdades	0	100	100	Nominal	H	0.01208
TamB2001	par.0.1.0.2	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Nominal	E	0.88263
TamB2001	par.0.1.1.2	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Nominal	H	0.01297
TamB2001	par.1.2.0.0	CPCT.COINC	Verdades	Verdades	0	100	100	Exposure	Exposure	0.21787
TamB2001	par.1.2.0.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Exposure	Exposure	0.28467
TamB2001	par.1.0.2.0	CPCT.COINC	Verdades	Verdades	0	100	100	Exposure	Exposure	0.41700
TamB2001	par.1.0.2.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Exposure	Exposure	0.41315
TamB2001	par.1.0.2.0	CPCT.COINC	Verdades	Verdades	0	100	100	Exposure	Exposure	0.14020
TamB2001	par.1.0.2.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Exposure	Exposure	0.14402
TamB2001	par.1.1.0.0	CPCT.COINC	Verdades	Verdades	0	100	100	Exposure	Exposure	0.11842
TamB2001	par.2.1.0.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Exposure	Exposure	0.11701
TamB2001	par.0.1.2.0	CPCT.COINC	Verdades	Verdades	0	100	100	Exposure	Exposure	0.43161
TamB2001	par.0.1.2.0	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Exposure	Exposure	0.43231
TamB2001	par.0.1.0.2	CPCT.COINC	Verdades	Verdades	0	100	100	Exposure	Exposure	0.18590
TamB2001	par.0.1.0.2	CPCT.COINC	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Exposure	Exposure	0.18740

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Resultados locales de segregación socioespacial en SpatialSeg



Fuente: elaboración propia.

Notas

Por defecto, la aplicación está configurada para ejecutarse en la proyección North America Albers Equal Area Conic Projection; no obstante, es posible realizar los cálculos y obtener los resultados en un sistema de proyección adecuado al área de estudio si el archivo Shapefile dispone de un sistema de proyección conocido y si el marco de datos se encuentra configurado en concordancia con este. La configuración se realiza accediendo a la barra de herramientas View < Data Frame Properties < Coordinate System.

Bibliografía

Bell, W. (1954) "A probability model for the measurement of ecological segregation". En *Social Forces*, N.º 32, Departamento de Sociología, University of North Carolina, pp. 357-364.

- Bosque Sendra, J. (1988) *Geografía electoral*, Madrid, Síntesis, p. 176.
- Cortese, Ch.; Frank Falk, R. y Cohen, J. (1976) "Further considerations on the methodological analysis of segregation indices". En *American Sociological Review*, N.º 41, Washington, D.C., American Sociological Association (ASA), pp. 630- 637.
- Duncan, O. y Duncan, B. (1955) "A methodological analysis of segregation index". En *American Sociological Review*, N.º 20. Washington, D.C., American Sociological Association (ASA), pp. 210-217.
- Duncan, O.; Cuzzort, R. P. y Duncan, B. (1961) *Statistical geography. Problems in analyzing areal data*. Illinois, The free press of Glencoe, p. 191.
- Grannis, R. (2002) "Discussion: segregation indices and their functional inputs". En *Sociological methodology*, N.º 32, pp. 69-84.
- Heywood, I. (1990) "Geographic information systems in the social sciences". En *Environment and Planning A*, N.º 22, pp. 849-854.
- Jakubs, J. (1981) "A distance-based segregation index. Socio-economic planning Science". En *Elsevier*, N.º 15 (3), pp. 129-136.
- Jakubs, J. (1976) "Residential segregation: the Taeuber index reconsidered". En *Journal of Regional Science*, N.º 17, pp. 281-303.
- James, D. R. y Taeuber, K. E. (1985) "Measures of segregation". En *Sociological Methodology*, N.º 15, pp. 1-32.
- Massey D. S. y Denton N. A. (1988) "The dimensions of residential segregation". En *Social Forces*, N.º 67 (2), pp. 281-315.
- Morgan, B. (1983) "A distance-decay interaction index to measure residential segregation". En *Area*, N.º 15, pp. 211-216.
- Morgan, B. (1975) "The segregation of socioeconomic groups in urban areas: a comparative analysis". En *Urban Studies*, N.º 12 (1), pp. 47-60.
- Morrill, R. (1991) "On the measure of geographical segregation". En *Geography Research Forum*, N.º 11, pp. 25-36.
- Reardon, S. y Firebaugh, G. (2002) "Measures of multi-group segregation. Sociological Methodology". En *Blackwell Publishing*, N.º 32, pp. 33-67.
- Reardon, S. y O'Sullivan, D. (2004) "Measures of spatial segregation". En *Sociological Methodology*, N.º 34, pp. 121-162.

- Sakoda, J. N. (1981) "A generalized index of dissimilarity". En *Demography*, N.º 18 (2), pp. 245-250.
- Taeuber, K. y Taeuber, A. (1976) "A practioner's perspective on the index of dissimilarity". En *American Sociological Review*, N.º 41, pp. 884-889.
- Theil, H. y Finizza, A. (1970) "A note on the measurement of racial integration of schools by means of informational concepts". En *Journal of Mathematical Sociology*, N.º 1, pp. 187-194.
- Tobler, W. (1979) "Smooth pycnophylactic interpolation for geographical regions". En *Journal of the American Statistical Association*, N.º 74 (367), pp. 519-530.
- White, M. (1986) "Segregation and diversity measures in population distribution". En *Population Index*, N.º 52 (2), pp. 198-221.
- White, M. (1983) "The measurement of spatial segregation". En *American Journal of Sociology*, N.º 88, pp. 1008-1018.
- Wong, D. (1999) "Geostatistics measures of spatial segregation". En *Urban Geography*, N.º 19, pp. 77- 87.
- Wong, D. (2003) "Implementing spatial segregation measures in GIS". En *Computers, Environment and Urban Systems*, N.º 27, pp. 53-70.
- Wong, D. (1997) "Spatial dependency of segregation indices". En *The Canadian Geographer*, N.º 41, pp. 128-136.
- Wong, D. y Chong, W. (1998) "Using spatial segregation measures in GIS and statistical modeling packages". En *Urban Geography*, N.º 19 (5), pp. 477-485.
- Wu, X. y Sui, D. (2001) "An initial exploration of a lacunarity-based segregation measure". En *Environment and Planning B*, N.º 28 (3), pp. 433-446.
- Zelder, R. (1976) "On the measurement of residential segregation. A reply". En *Journal of Regional Science*, N.º 17, pp. 299-303.
- Zoloth, B. (1976) "Alternative measures of school segregation". En *Land Economics*, N.º 52, pp. 278-298.

Referencias en línea

- Aparicio, P. y Petkevitch, V. (2006) *Calculo de indices de ségrégacion. Urbanisation, Culture et Societe*. Universidad de Québec. Disponible en: <http://laser.ucs.inrs.ca/en/download.html>.
- Aparicio, P. (2000) “Les indices de ségrégation *résidentielle: un outil intégré* dans un système d’information géographique”. En *Espace, Société, Territoire*, N.º 134, p. 16. Disponible en: <http://cybergeog.revues.org/12063>.
- Graham, S. y O’Sullivan D. (2007) “A brief guide to running the SpatialSeg program in ARCGIS 9.2”. Measuring spatial segregation Project. National Science Foundation. Penn University. Disponible en: <http://www.pop.psu.edu/services/gia/research-projects/mss>.
- INDEC (2001) “Censo nacional de población, hogares y vivienda, 2001”. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Ministerio de Economía. Buenos Aires. Disponible en: <Http://www.indec.gov.ar/webcenso/index.asp>.
- Jargowsky, P. y Kim, A. (2005) “A measure of spatial segregation: the generalized neighborhood sorting index”. National Poverty Center working paper series. University of Texas at Dallas, p. 48. Disponible en: http://www.npc.umich.edu/publications/working_papers/.
- Sabatini, F. y Sierralta, C. (2006) “Medición de la segregación residencial: meandros teóricos y metodológicos y especificidad latinoamericana”. Documento de trabajo N.º 38, Instituto de Estudios Urbanos, Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile, p. 31. Disponible en: http://www.ieut.cl/media/archivos/sabatinisierralta_dt38.pdf.
- Shu, Y.; Lam, N. y Reams, M. (2010) “A new method for estimating carbon dioxide emissions from transportation at fine spatial scales”. *Environmental Research Letters*, N.º 5, p. 9. Disponible en: <http://iopscience.iop.org/1748-9326/5/4/044008/fulltext/>.

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

*Liliana Ramírez*¹

Resumen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

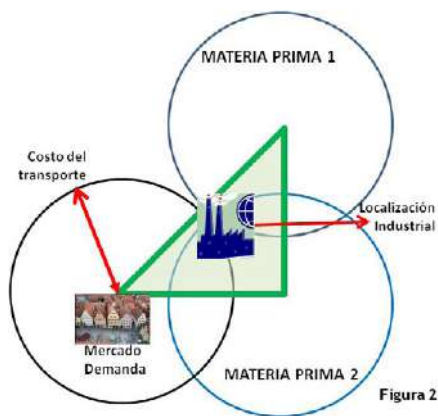
Figura 1



Fuente: elaboración propia.

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

Figura 2



Fuente: elaboración propia.

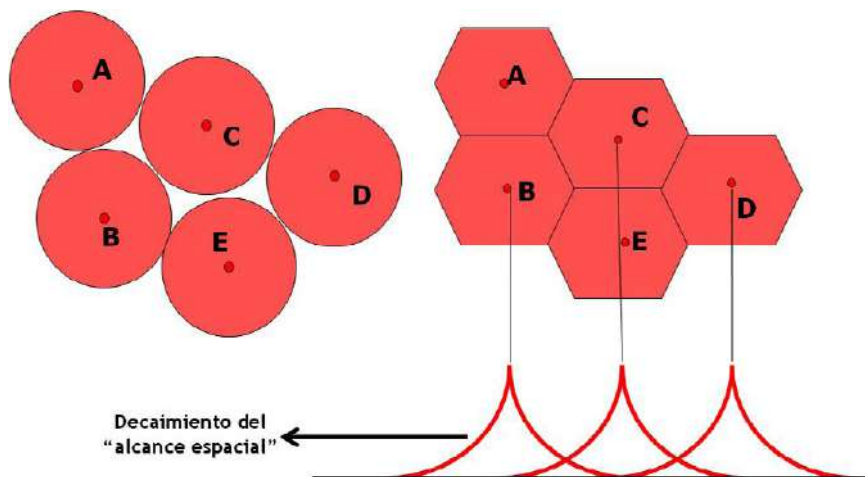
Luego de desarrollar su teoría, Weber reconoció que tanto los procedimientos geométricos como los principios mecánicos utilizados presentaban limitaciones para explicar la relación costo-transporte, y que no podrían ser empleados para resolver problemas complejos de localización o casos de multilocalización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

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

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

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

Figura 3



Fuente: elaboración propia.

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

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

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

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

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

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

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

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

Figura 4



Fuente: elaboración propia.

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

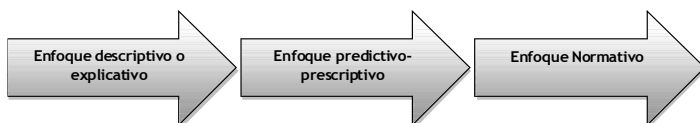
La consideración de estos criterios depende de las características o peculiaridades del servicio que se pretende localizar. El tipo de gestión, por ejemplo,

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

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

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

Figura 5



Fuente: elaboración propia.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A modo de cierre

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

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

Bibliografía

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

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

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

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

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

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

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

Referencias en línea

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

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

Aplicación

1. La caja de herramientas del analista espacial en Epidemiología

Manuel Fuenzalida Díaz¹

Resumen

Los determinantes sociales de la salud se relacionan con los territorios donde se ha nacido y se vive. Por lo tanto, el lugar de residencia afecta a las oportunidades y logros de las personas referidas a una mejor salud. Los distintos ejes de desigualdad están determinados por jerarquías de poder en la sociedad, como son la clase social, el género, la edad, la etnia o raza y el territorio. Todos estos aspectos pueden ser abordados convenientemente a través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) con fines de análisis espacial, lo cual posibilitaría el análisis de patrones o diferencias de la situación de salud y equidad en distintos niveles de agregación espacial. La caja de herramientas del analista espacial en Epidemiología versa sobre cálculos de tasa, estandarización de una variable, coeficiente de localización, clasificación ascendente jerárquica y densidad de Kernel.

Introducción

Existe un reconocimiento tecno-político de que los determinantes sociales de la salud –condiciones de vida y de salud– se relacionan con los territorios donde se ha nacido y se vive (MINSAL, 2010). Es tan significativo este vínculo, que el estado de salud que cada persona presenta es el resultado de las oportunidades que ha tenido para alimentarse, crecer, pertenecer y desarrollarse, en

¹ Departamento de Geografía - Universidad Alberto Hurtado. E-mail: mfuenzal@uahurtado.cl.
Web: <http://geografia.uahurtado.cl/>.

función de un sistema complejo de relaciones sociales, culturales, económicas y ambientales (MINSAL, 2009). Es decir, la salud se relaciona con los estilos de vida y el ambiente, fuertemente influenciados por el lugar donde las personas viven, trabajan o procuran habitación y comida. Esto significa que las variables consideradas como factores de riesgo en morbi-mortalidad pueden estar correlacionadas cuando se consideran los agregados espaciales (regiones, provincias, comunas, distritos censales, barrio residencial, manzana censal), en especial cuando determinan una serie de patrones de exposición, concentrando o excluyendo un gran número de factores de riesgo (Barcellos, 2003).

El uso del espacio como categoría de análisis ha sido subrayado en estudios referidos a las áreas de epidemiología y al análisis ambiental (Bailey y Grattel, 1995; Croner, Sperling y Broome, 1996; Hernández, 2007). En Geografía, los patrones territoriales pueden reconocerse y organizarse respondiendo a preguntas elementales: quién, qué, dónde, cómo, cuándo y por qué; las cuales, aplicadas a estudios en el campo de la salud, permiten identificar la organización espacial de la morbi-mortalidad y de la difusión de enfermedades en el tiempo y el espacio.

Para Chile, el asunto toma especial relevancia debido a la configuración de una sociedad espacialmente desigual, reflejada en diferencias/brechas entre grupos sociales, regiones geográficas y las oportunidades que el desarrollo brinda a sus habitantes (Haldenwang, 2001; Negrete *et ál.*, 2003; Ceja, 2004; Fuenzalida y Moreno, 2009; García Huidobro y Maraño, 2010), los cuales en conjunto desencadenan un heterogéneo patrón de morbi-mortalidad a lo largo del país, tal como lo evidencia la última Encuesta Nacional de Salud 2009-2010: la prevalencia e incidencia de las enfermedades son diferentes por Región Político-Administrativa, para tabaco, alcohol, obesidad, hipertensión arterial, diabetes, colesterol, riesgo cardiovascular, sedentarismo y depresión.

Según el axioma anterior, es plausible sugerir que el lugar de residencia afecta a las oportunidades y los logros de las personas (Fuenzalida y Moreno, 2010). Desde el ámbito académico—y en el último tiempo desde el político—han surgido voces que manifiestan la importancia de hacer visibles esas diferencias, en especial cuando esas diferencias son injustas y evitables (juicio ético), pues estaríamos en presencia de inequidad.

Para la consecución de ese anhelo, un punto de inicio básico pasa por el señalamiento de los territorios y asentamientos humanos que deben ser objeto de esfuerzos singulares prioritarios (políticas públicas, herramientas o soluciones focalizadas), para acercarlos y colocarlos al mismo nivel de aquellos

que muestran situaciones más favorables con respecto al desarrollo territorial sostenible (DTS). Se intenta así asegurar la igualdad de oportunidades frente al desarrollo, que, para el interés particular de este texto, está referida a una mejor salud. Por mejor salud se entenderá el equilibrio entre el cuerpo y la mente del hombre, y entre este y el ambiente que lo circunda (OMS, 2003; Blakely, Hales y Woodward, 2004).

Estas cuestiones son abordadas convenientemente por la Geografía de la salud. Es necesario mencionar que a nivel internacional, en la actualidad esta rama o campo de estudio de la Geografía humana se encuentra en auge producto de las recomendaciones emitidas por la Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud, dependiente de la Organización Mundial de la Salud.

En su informe mundial (CDSS, 2008) exhibe la situación de las inequidades en salud, sus causas y las recomendaciones sobre intervenciones para promover la equidad en salud. Denuncia que en todos los países, con independencia de su nivel de ingreso, la salud y la enfermedad siguen un gradiente social: cuanto más baja es la situación económica, peor es el estado de la salud; es así como enferman y mueren con mayor frecuencia las personas que pertenecen a los estratos más bajos, en comparación con aquellas que pertenecen a grupos que ocupan posiciones sociales más privilegiadas.

Al concluir que las inequidades sanitarias están socialmente determinadas, el informe hizo énfasis en la posibilidad y necesidad de su corrección, actuando en el ámbito internacional, nacional y local y priorizando la inclusión de políticas sociales pro-equidad y de salud que se refieran no solo a la prestación de servicios sanitarios de baja y alta complejidad, sino también que colaboren en la acción de otros sectores por fuera del sistema de salud sobre los determinantes sociales de la salud. Adicionalmente, es relevante mencionar que se establecieron comisiones asociadas por países, que, operacionalmente, llevaron a cabo trabajos con miras al desarrollo de políticas y programas nacionales pioneros en Brasil, Canadá, Chile, Kenia, Mozambique, Reino Unido y Suecia.

Para el caso de Chile, la Subsecretaría de Salud Pública del Ministerio de Salud ha impulsado una agenda de trabajo, desde el año 2008, en determinantes sociales y equidad, con el propósito de mejorar el nivel y la distribución de la salud de la población que vive en el territorio nacional mediante la integración del enfoque de los determinantes sociales y de equidad en salud. Se realizaron diagnósticos regionales y se identificaron comunas y barrios vulnerables que tienen que ser objetivo prioritario de acciones integradas para la superación de barreras de acceso a la salud.

¿Qué se entiende por equidad en salud?

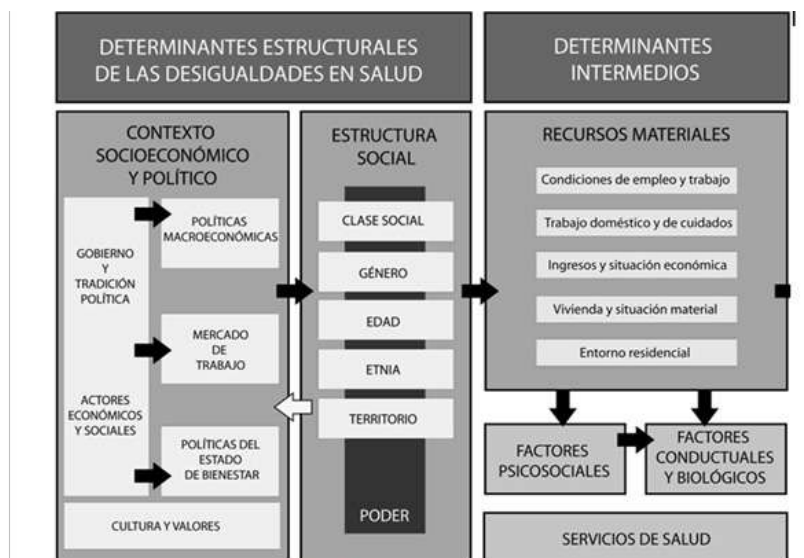
Dado que el sector salud debe velar porque todas las personas alcancen su potencial de salud, toda desigualdad en este ámbito entre la población o entre territorios, que sea innecesaria y evitable, se constituye en una situación injusta. Por ende, la intervención de estas situaciones se constituye en un mandato ético, para reducirlas y eliminarlas como meta final (MINSAL, 2010).

Los distintos ejes de desigualdad están determinados por jerarquías de poder en la sociedad (ver Figura 1), como son la clase social, el género, la edad, la etnia o raza y el territorio (Borrell y Malmusi, 2010). Estos ejes determinan las oportunidades de tener una buena salud y ponen en evidencia la existencia de desigualdades en salud debido al poder, el prestigio y el acceso a recursos, siendo más beneficiadas las personas de clases sociales privilegiadas, los hombres, las personas de raza blanca y las originarias de áreas geográficas más ricas.

El territorio, influenciado directamente por el contexto socioeconómico y político, configura espacios de desarrollo desigual, con la consiguiente fragmentación económica, social y cultural (Veiga, 1999), que se traduce en un espacio de geometría variable: ámbitos ganadores o perdedores. De esa manera, los procesos de globalización y reestructuración inherentes al modelo de desarrollo chileno, al tiempo que brindan oportunidades a los espacios mejor dotados, impactan negativamente y hasta marginan a los lugares que no cuentan con tales condiciones (Moncayo, 2002); esto es especial en el Estado de Bienestar: educación, atención sanitaria y protección social.

Benzeval, Judge y Whitehead (1995) sostienen que el sistema de salud tiene tres obligaciones para enfrentar la inequidad: 1) garantizar que los recursos sean distribuidos entre las diferentes áreas en proporción a sus necesidades relativas; 2) responder adecuadamente a las necesidades de atención de salud de los diferentes grupos sociales; y 3) tomar la iniciativa en dar visibilidad a los temas de inequidades en salud y de impulsar estrategias para el desarrollo de políticas públicas saludables en los planos nacional y local, promoviendo la equidad en materia de salud y justicia social.

Figura 1. Esquema conceptual de los Determinantes Sociales de la Salud



Fuente: Borrell y Malamusi, 2010.

Todos estos aspectos pueden ser abordados convenientemente a través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) con fines de análisis espacial, lo cual posibilitaría, en primer lugar, el análisis de patrones o diferencias de la situación de salud y equidad en distintos niveles de agregación espacial; en segundo lugar, la identificación de riesgos ambientales y ocupacionales; en tercer lugar, la identificación de grupos de alto riesgo en salud y de áreas críticas; y finalmente, la identificación de espacios saludables.

El análisis espacial aplicado en la Geografía de la salud permite establecer el contexto en el cual un evento de salud ocurre y aporta a la comprensión de los procesos sociales y ambientales que intervienen en los distintos factores de riesgo. Así, el análisis espacial adaptado a las condiciones de salud de un territorio en particular puede ser un instrumento de gran valor en la evaluación de impacto de procesos y estructuras sociales (De Pietri, García y Rico, 2008). La categoría *espacio* tiene valor intrínseco en el análisis de las relaciones entre salud, sociedad y ambiente. Conocer la estructura y dinámica espacial de la población permite la caracterización de situaciones de salud. Además, permite el planteamiento de acciones de control y localización de recursos (Barcellos, 2003).

A nivel latinoamericano existe el uso concreto de los Sistemas de Información Geográfica en cuestiones relacionadas con la salud –mortalidad y morbilidad– de la población en enfermedades transmisibles, siendo las más destacadas –para los fines de la caja de herramientas del analista espacial en Epidemiología– las siguientes:

1. La Organización Panamericana de la Salud y los SIG-EPI

La Organización Panamericana de la Salud (ops) ha impulsado el empleo de los SIG en salud en el marco de la creación del Programa Espacial de Análisis de Salud. Este organismo considera que el objetivo de los SIG-EPI, diseñado para aplicaciones en Epidemiología y Salud Pública, es contribuir al fortalecimiento de la capacidad de análisis epidemiológico de los trabajadores de salud, proveyendo herramientas eficaces que faciliten dichas tareas de análisis.

Entre los resultados más destacados hasta el momento se encuentran:

- a. Documentos sobre conceptos básicos en Epidemiología –mortalidad y morbilidad–, Geografía y Cartografía.
- b. Manejo de bases de datos relacionales.
- c. Atlas de Salud en Chile, Guatemala y Brasil.

(Más información en: <http://ais.paho.org/sigepi/index.asp>).

2. El Programa de Estudios Geográficos y su proyecto Análisis Espacial de la Salud (2005-2007)

Liderado por el Dr. Buzai (Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Luján), el proyecto, aplicado a la ciudad de Luján (Argentina), muestra la distribución de enfermedades y la planificación a través de la situación sociohabitacional y la localización óptima de establecimientos. Los conceptos teóricos utilizados y las metodologías asociadas constituyeron una herramienta de primordial importancia al momento de intentar comprender la lógica socioespacial de las distribuciones analizadas, y de esta forma obtener caminos hacia una más eficiente gestión y planificación del sistema espacial de salud. (Más información en: <http://www.gesis-proeg.com.ar>).

A nivel local, pocos centros han llevado a cabo estudios sistemáticos en Geografía de la salud. Como ejemplos notables, en los últimos seis años es posible mencionar a Icaza *et ál.* (2007), del Instituto de Matemáticas y Física de la Universidad de Talca, y su estudio de distribución geográfica de mortalidad por tumores malignos de estómago, tráquea, bronquios y pulmón (Chile, 1997-2004); a Villarroel, J. E. (2007), del Departamento de Epidemiología del Ministerio de Salud, y su estudio de las desigualdades espaciales en el estado de salud de las comunas del Gran Santiago; a Lara, R. *et ál.* (2010), del Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad de la Frontera, y su diferenciación socioespacial en la incidencia del suicidio; y por último, al grupo de investigación GeoSalud del Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, que desde 2011 viene desarrollando trabajos consistentes en el análisis de distribución de patrones territoriales en casos de tuberculosis, evaluación territorial de la vigilancia ambiental para el cólera, evaluación de enfoques de Programas del Departamento de Salud Bucal del Ministerio de Salud y diseño de esquemas de localización óptima para hospitales del Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota discriminando según estatus socioeconómico.

En términos prácticos, muchos de los estudios epidemiológicos antes mencionados recurren a alguna(s) técnica(s) estadística(s) —que se pueden observar en la Figura 2— para analizar el riesgo con patrones de distribución espacial.

Figura 2. Técnicas estadísticas para analizar el riesgo con patrones de distribución espacial

Tasa	→ Comparar magnitudes de una variable
Estandarización	→ Comparar variables/Multicriterio
Coefficiente de localización de Sargant Florence	→ Relación entre Oferta y Demanda
Clasificación ascendente jerárquica	→ Tipologías espaciales (región)
Densidad de Kernel	→ Frecuencia diferencial de un hecho geográfico

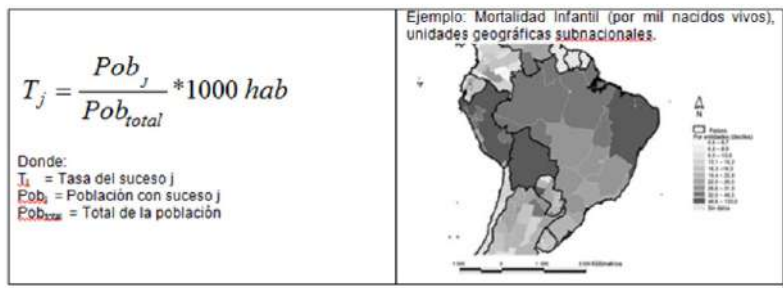
Fuente: elaboración propia.

Correctamente vinculadas a una unidad espacial, se puede evidenciar si el lugar de residencia afecta las oportunidades y los logros de las personas en materia de salud. Desde nuestra óptica, esto constituiría el arsenal mínimo a incorporar en la caja de herramientas del analista espacial en Epidemiología. Con fines didácticos, a continuación detallaremos los alcances de cada una de las herramientas.

Cuadro 1. Tasa

Está compuesta por un numerador que expresa la frecuencia con que ocurre un suceso (ejemplo 1084 muertes por accidentes de tránsito, población adulta en 2012 en Chile) y un denominador, dado por la población expuesta a tal suceso (11.873.081 personas adultas en 2012). De esta forma se obtiene un cociente que expresa **la relación entre la cantidad y la frecuencia** de un fenómeno o un grupo de fenómenos en una población y tiempo definido.

Por razones prácticas, el cociente obtenido se amplifica por algún múltiplo de 10 (1.000, 10.000, 100.000)



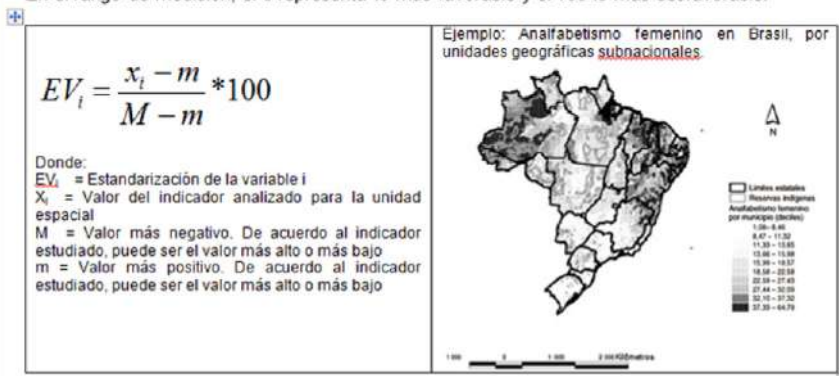
Objetivo Comparar magnitudes de una variable

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2. Estandarización de una variable

Los datos contenidos en cada indicador estudiado se deben transformar a un rango de **medición entre 0 y 100**, valores que serán tomados en todos los casos por los datos mínimos y máximos de cada variable respectiva.

En el rango de medición, el 0 representa lo más favorable y el 100 lo más desfavorable.



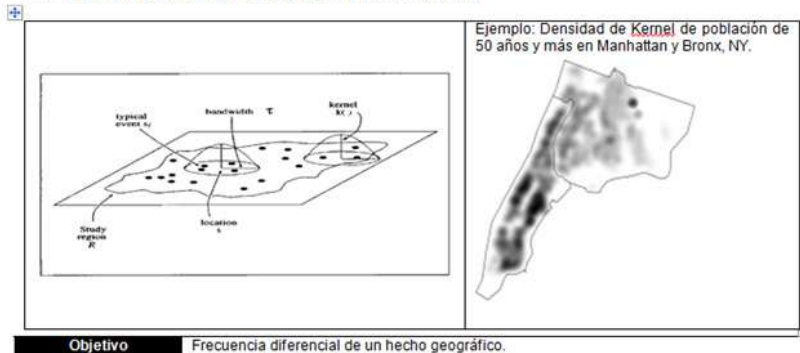
Objetivo Comparar variables para integrar un análisis **multicriterio**

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 5. Densidad de Kernel

El concepto de densidad es clave en el análisis geográfico. El estudio de las **distribuciones espaciales** tiene que ver con la **frecuencia diferencial con que un hecho geográfico se produce en el espacio**.

SpatialAnalyst de ArcGIS posibilita la utilización de una función cuadrática de **Kernel**, ajustando 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 cero en la distancia **Radio de búsqueda** desde el punto.



Fuente: elaboración propia.

Bibliografía

- Bailey, T. C. y Gratell, A. C. (1995) *Interactive Spatial data analysis*. Essex, Logman Scientific & Technical.
- Barcellos, C. (2003) “Unidades y escalas en los análisis espaciales de la salud”. En *Revista Cubana de Salud Pública*, 29 (4), pp. 307-313.
- Benzeval, M.; Judge, K. y Whitehead, M. (1995) *Tackling Inequalities in Health. An Agenda for Action*. Londres, Kings Fund.
- Blakely, T.; Hales, S. y Woodward, A. (2004) *Poverty: assessing the distribution of healthrisks by socioeconomic position at national and local levels*. Ginebra, World Health Organization.
- Borrell, C. y Malmusi, D. (2010) “La investigación sobre los determinantes sociales y las desigualdades en salud. Evidencias para la salud en todas las políticas”. Informe SESPAS 2010. En *Gaceta Sanitaria*, Vol. 24, pp. 101-108.

- Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud (2008) *Subsanar las desigualdades en una generación*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud.
- Croner, C. M.; Sperling, J. y Broome, F. R. (1996) “Geographic Information System (GIS). New perspectives in understanding human health and environmental relationships”. En *Stat Med*, 15, pp. 1961-1977.
- De Pietri, D.; García, S. y Rico, O. (2008) “Modelos geoespaciales para la vigilancia local de la salud”. En *Revista Panamericana de Salud Pública*, 23 (6), pp. 394-402.
- Fuenzalida, M. y Moreno, A. (2009) “Desigualdades intra-regionales en el desarrollo de la región de Valparaíso, Chile: una propuesta de análisis espacio-temporal”. En *GeoFocus*, 9, pp. 1-27.
- Fuenzalida, M. y Moreno, A. (2010) “Propuesta metodológica para establecer el patrón territorial del status socioeconómico de la población, basada en pequeñas unidades espaciales estándar. Aplicación a la región de Valparaíso (Chile)”. En *Argos*, N.º 52, Vol. 27, pp. 98-125.
- García-Huidobro, A. y Maraño, A. (2010) “La vertebración territorial en regiones de alta especialización: Valle Central de Chile. Alcances para el desarrollo de zonas rezagadas en torno a los recursos naturales”. En revista *EURE*, 36, (107), pp. 49-65.
- Haldenwang, C. (2001) *La política territorial de desarrollo productivo en Chile. Nuevas instituciones regionales y locales*. Bonn, Instituto Alemán de Desarrollo.
- Hernández, M. (2007) *Epidemiología. Diseño y análisis de estudios*. México, Editorial Médica Panamericana.
- Icaza, M. A.; Núñez, M. L.; Torres, F.; Díaz, N. y Várela, D. (2007) “Distribución geográfica de mortalidad por tumores malignos de estómago, tráquea, bronquios y pulmón, Chile 1997-2004”. En *Revista Médica, Chile*, 135, N.º 11, pp. 1397-1405.
- Lara, R.; Gaete, A. y Monsalves, P. (2010) “Dimensión espacial y social del suicidio en la Región de La Araucanía, Chile 1992-2009”. xxxi Congreso Nacional y xvi Internacional de Geografía de la Sociedad Chilena de las Ciencias Geográficas. Valdivia.
- MINSAL (2009) *Orientaciones metodológicas para el trabajo en las 92 comunas vulnerables. Componente ‘barreras de acceso’*. Santiago de Chile, Ministerio de Salud.

- MINSAL (2010) *Objetivos nacionales de Salud, Chile 2010-2020*. Santiago de Chile, Subsecretaría de Salud Pública.
- Moncayo, E. (2002) *Nuevos enfoques teóricos, evolución de las políticas regionales e impacto territorial de la globalización*. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social, Dirección de Gestión del Desarrollo Local y Regional, CEPAL. Santiago de Chile.
- Negrete, J.; Álvarez, L.; Mastrantonio, J; Valdebenito, C; Portal, M. y Sotomayor, A. (2003) "Territorios especiales". En *Revista Geográfica de Valparaíso*, 34, pp. 181-192.
- OMS (2003) *Introduction and methods. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels*. Ginebra, World Health Organization.
- Veiga, D. (1999) "Las sociedades locales en el contexto de la globalización: estudio de casos en Uruguay". En revista *EURE*, 25, (74), pp. 71-82.
- Villarroel, J. (2007) "Estudio de las desigualdades espaciales en el estado de salud de las comunas del gran Santiago mediante indicadores socioeconómicos y de salud". Memoria para optar al título profesional de Geógrafo. Universidad de Chile.

Referencias en línea

- Ceja, C. (2004) "La política social mexicana de cara a la pobreza". En *Scripta Nova*, VIII (176), 1 de noviembre. Disponible en: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-176.htm>.

2. Mortalidad infantil, precariedad en las condiciones de vida y territorio

Análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica

*Patricia I. Lucero*¹

Resumen

El presente estudio surge de la articulación entre el Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires, la Región Sanitaria VIII y la Universidad Nacional de Mar del Plata, por medio del Grupo de Estudios sobre Población y Territorio, en el marco del proyecto Vigilancia Epidemiológica en Salud Materno-Infantil con Enfoque de Riesgo². El objetivo del trabajo es analizar el comportamiento de aspectos demográficos y socioeconómicos como condicionantes de contexto en los eventos de mortalidad infantil y su relación con indicadores epidemiológicos, para reconocer los contrastes socioterritoriales de la región, en especial de las áreas en situaciones más críticas. Para ello, se aplican técnicas y procedimientos específicos de análisis espacial multivariado, y se emplea un Sistema de Información Geográfica que permite la construcción y el análisis de cartografía analítica y sintética.

¹ Universidad Nacional de Mar del Plata. E-mail: plucero@mdp.edu.ar.

² El presente trabajo constituye una parte de las ponencias presentadas en el XII Encuentro de Geógrafos de América Latina y en las X Jornadas de Estudios de Población de la Argentina del año 2009, en coautoría con Marisa Sagua y Silvina Aveni. Aborda particularmente los aspectos conceptuales y metodológicos que sirvieron de base para el tratamiento en el ambiente del Sistema de Información Geográfica.

Introducción

La mortalidad materna e infantil es reveladora de las problemáticas principales en el sistema sanitario y constituye una de las preocupaciones centrales del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires. El Programa Materno-Infantil, creado en los años 90, apunta a reducir la morbilidad y a mejorar las condiciones de vida de la población objetivo. En este marco, surge a nivel provincial el proyecto Vigilancia Epidemiológica en Salud Materno-Infantil con Enfoque de Riesgo, integrado por tres ejes de aplicación: 1) diagnóstico y recomendación de acciones; 2) implementación de políticas; y 3) desarrollo de metodologías y sistemas de información y gestión. Esto supone un conocimiento preciso de la situación y una planificación con base epidemiológica local, que permita contribuir a mejorar la salud de la población objetivo, fortaleciendo la capacidad de gestión de las distintas zonas sanitarias de la provincia de Buenos Aires. Diferentes disciplinas han sido convocadas para abordar esta propuesta de manera conjunta: médicos pediatras, sanitaristas, epidemiólogos, antropólogos, asistentes sociales y geógrafos.

Los resultados que se exponen provienen de la articulación entre la Región Sanitaria VIII, dependiente del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires, y el Grupo de Estudios sobre Población y Territorio de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Su finalidad es contribuir a la compleja problemática de la salud materno-infantil, poniendo énfasis en la dimensión espacial a partir de los principios de localización, distribución y asociación de aspectos vinculados a la salud.

Este trabajo³ tiene como objetivo analizar el comportamiento de aspectos demográficos y socioeconómicos como condicionantes de contexto en los eventos de mortalidad infantil y su relación con indicadores epidemiológicos, para reconocer los contrastes socioterritoriales de la región y distinguir las áreas en condiciones más críticas en la propensión a ese fenómeno.

La mortalidad infantil (MI) constituye una expresión biológica final de un proceso que “está intensamente determinado por la estructura socioeconómica del hogar y del medio familiar, donde se generan factores de riesgo que actúan directamente sobre la salud del niño” (Spinelli *et ál.*, 2000). Desde la perspectiva de los estudios de carácter epidemiológico, se tiene en cuenta la relación de variables biológicas, ambientales, económicas y sociales con la MI, analizando explicaciones causales, multicausales y de riesgo.

³ Se agradece al equipo interdisciplinario formado en el marco del proyecto mayor mencionado, por la riqueza de sus variados aportes, y al director ejecutivo de la Región Sanitaria VIII, Dr. Gustavo Rodríguez, por la confianza depositada en nuestra tarea.

En este estudio particular, el abordaje se realiza desde el punto de vista geográfico, considerando a los comportamientos sociales como generadores de diferencias socioespaciales. Asimismo, el territorio no solo exhibe las disparidades sociales sino que también condiciona sus cualidades y su evolución en el tiempo. En las últimas décadas del siglo XX se produce un importante rescate del rol del espacio en la determinación del proceso de salud-enfermedad-atención (PSEA).

Desde esta perspectiva, surge la necesidad de buscar herramientas que den cuenta de la detección de aglomerados espaciales o espacio-temporales para el planeamiento, monitoreo y evaluación de los servicios de salud. Así, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido no solamente en un instrumento computacional de visualización de los fenómenos y variables espaciales, sino también en una herramienta integradora y analítica de información espacial para la toma de decisiones.

La tasa de mortalidad infantil (TMI) está definida como la cantidad de niños, en un área geográfica, que fallecen antes del primer año de vida, con respecto a cada mil niños nacidos vivos durante ese mismo año. Se pueden considerar dos momentos en la mortalidad infantil: 1) cuando la defunción se produce durante los 27 días posteriores al nacimiento, lo que se denomina mortalidad neonatal (MNEO); y 2) cuando la defunción se produce entre los 28 y los 365 días posteriores al nacimiento, lo que se define como mortalidad posneonatal (MPNEO).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las causas de MI prevalentes pueden ser de dos tipos. Por un lado, las llamadas *endógenas*, que engloban afecciones originadas preferentemente en el momento de la concepción, durante el embarazo o en el parto (por ejemplo, accidentes en el alumbramiento, malformaciones congénitas, desnutrición materno-infantil y bajo peso al nacer). Por otro lado, las llamadas *exógenas*, que son las afecciones originadas en el ambiente externo, siendo más frecuentes cuanto más se aleja la muerte del momento del nacimiento (por ejemplo, enfermedades infecciosas y parasitarias, diarreas, deshidratación y causas accidentales).

La disminución de la MPNEO está vinculada con las condiciones de vida y el primer nivel de atención del sistema de salud; en contrapartida, la MNEO está asociada con condiciones biológicas, vigilancia médica y su correspondiente uso de tecnología, y manifiesta irregularidades en la atención de los niveles secundario y terciario.

Según Álvarez y Maccagno (2003), en el conjunto de determinantes de la mortalidad por causas exógenas se distinguen tres niveles: 1) los que dependen de la estructura social global (la población y sus características demográficas, el ambiente

físico, la estructura genética y la organización social, económica, política, cultural, científica e ideológica); 2) los que responden al nivel grupal y determinan un acceso variable a los bienes y servicios que el conjunto requiere para su reproducción, generando así condiciones materiales de vida disímiles; y 3) los que se manifiestan en el nivel individual, definido por el mayor o menor grado de susceptibilidad del organismo frente a las condiciones nocivas del ambiente en el que vive.

Por tanto, el análisis del niño como sujeto central representa el comienzo de un proceso más abarcativo, que involucra a sus padres y su contexto social. La salud del niño depende, en sus inicios, de la salud psicofísica de sus progenitores.

El área de estudio corresponde a la Región Sanitaria VIII, una de las doce divisiones administrativas en el sistema de salud provincial, cuya cabecera es la ciudad de Mar del Plata. Dieciséis partidos comprenden la región ubicada en el sureste de la provincia de Buenos Aires: La Costa, Pinamar, Villa Gesell, Mar Chiquita, General Pueyrredón, General Alvarado, Lobería, Necochea y San Cayetano (línderos con el litoral atlántico), y General Lavalle, General Madariaga, Maipú, General Guido, Ayacucho, Balcarce y Tandil (en zonas interiores).

La metodología utilizada abarca instancias descriptivas de base informacional cuantitativa. Se utilizan datos secundarios provenientes del Instituto Nacional de Estadística y Censos (Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2001) y estadísticas del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires⁴.

Se aplican procedimientos de clasificación y regionalización a través del empleo de variables de costo para lograr mapas-síntesis de situaciones socioespaciales de desfavorabilidad social. El tratamiento de las variables seleccionadas implica la transformación de la Matriz de Datos Originales en su correspondiente Matriz de Datos Índice y Matriz de Datos Estandarizados en puntajes omega. Esta técnica permite lograr una medida sintética que se apoya en el análisis espacial multivariado, con indicadores referidos a las dimensiones de vivienda, situación socioeconómica, escolaridad y maternidad adolescente, definiendo el índice de precariedad de las condiciones de vida de la población (IPCV). La cartografía temática resultante muestra la distribución zonal obtenida, combinada con otras capas de información pertinentes a las variables epidemiológicas específicas. Esta composición del mapa final permite efectuar la lectura visual de las localizaciones, distribuciones y asociaciones entre las variables seleccionadas.

Se utiliza un Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta que permite elaborar cartografía analítica y sintética. El SIG contiene un paquete

⁴ Cabe señalar que surgieron algunas dificultades en la disponibilidad de los datos estadísticos, ya que se encontraron partidos con escasos registros de información.

estadístico y aplicaciones de consulta adecuadas para ejecutar los procedimientos dentro del mismo programa informático.

La tarea junto a la Región Sanitaria VIII permite cumplir con la responsabilidad social de las universidades públicas, tanto en la producción como en la circulación del conocimiento, al servicio de las necesidades y las aspiraciones de la sociedad. Al respecto, desde la Geografía, los SIG son plataformas esenciales para medir desigualdades de salud e identificar grupos y áreas con mayores problemas a escala local. En el campo de la salud, los SIG se han descrito como un conjunto de datos de orden espacial y sanitario que interactúan, permitiendo analizar y sintetizar una gran cantidad de información con el fin de describir una situación de salud, efectuar análisis epidemiológicos y orientar y evaluar la gestión, las intervenciones y la toma de decisiones en el ámbito de la salud (Loyola *et ál.*, 2002).

Caracterización de las condiciones de vida y su vinculación con la mortalidad infantil

Acordamos con Spinelli *et ál.* (2000) en que “la perspectiva espacial está incluida en la Epidemiología, ya que las poblaciones no se distribuyen aleatoriamente en un territorio sino que siguen pautas geográficas, culturales y socioeconómicas que orientan y condicionan sus cualidades. Al distribuirse de acuerdo a esas condiciones, delimitan zonas de relativa homogeneidad alternadas con otras de perfiles diferentes. Los problemas de salud, a su vez, tienden a distribuirse en el espacio reproduciendo con mayor o menor fidelidad los mapas demográficos, socioculturales y económicos”. Por su parte, Trifiró (2007) señala que la TMI refleja, directa o indirectamente, las condiciones de vida y el estado sanitario de una población.

En esta línea de pensamiento, la presente propuesta tiene la aspiración de recontextualizar la temática de la mortalidad infantil, no como una discusión puramente estadística, sino como problema de la gestión en salud.

El aporte de la Geografía, como ciencia que busca integrar variables en el territorio, resulta fundamental para el logro de tales aspiraciones. En tal sentido, se procedió a construir un índice sintético de doce indicadores, utilizando la técnica de estandarización de variables y la correspondiente sumatoria de los puntajes omega. Se han seleccionado variables de costo, mostrando privación o carencia de elementos íntimamente vinculados a la salud y actuando como posibles causas exógenas de eventos de mortalidad infantil.

A continuación, se enumeran las dimensiones e indicadores del IPCV.

Dimensiones	Indicadores
Vivienda	Porcentaje de viviendas con calidad deficiente de los materiales (Calmat III + IV + V).
	Porcentaje de viviendas con provisión de agua fuera de la vivienda pero dentro del terreno y fuera del terreno.
	Porcentaje de viviendas con procedencia del agua a partir de perforación con bomba manual, pozo con bomba, agua de lluvia, transporte por cisterna, río, canal, arroyo o de pozo sin bomba.
	Porcentaje de viviendas con servicio sanitario consistente en inodoro con descarga y desagüe a pozo ciego, inodoro sin descarga o sin inodoro.
	Porcentaje de viviendas que utilizan gas en garrafa, leña o carbón u otro como combustible para cocinar.
	Porcentaje de viviendas con hacinamiento crítico (más de tres personas por cuarto).
Condiciones socioeconómicas	Porcentaje de hogares que cumplen con alguna condición de necesidades básicas insatisfechas (NBI**).
	Porcentaje de hogares con índice de privación material de los hogares (IPMH***), consistente en solo recursos corrientes, solo patrimonial, o convergente.
	Porcentaje de población sin cobertura social privada en salud (no tiene obra social ni plan médico).

* CALMAT III: la vivienda presenta materiales resistentes y sólidos en todos los componentes constitutivos, pero le faltan elementos de aislación y/o terminación en todos estos, o bien presenta techos de chapa de metal o fibrocemento u otros sin cielorraso, o paredes de chapa de metal o fibrocemento. CALMAT IV: la vivienda presenta materiales no resistentes al menos en uno de los componentes constitutivos pero no en todos. CALMAT V: la vivienda presenta materiales no resistentes en todos los componentes constitutivos.

** Incluye lo siguiente. Hacinamiento: más de tres personas por cuarto. Vivienda: habitan en una vivienda de tipo inconveniente (pieza de inquilinato, pieza de hotel o pensión, casilla, local no construido para habitación o vivienda móvil), excluyendo casa, departamento y rancho. Condiciones sanitarias: no tienen ningún tipo de retrete. Asistencia escolar: tienen al menos un niño en edad escolar (6 a 12 años) que no asiste a la escuela. Capacidad de subsistencia: tienen cuatro o más personas por miembro ocupado, cuyo jefe no completó el tercer grado de escolaridad primaria.

*** El IPMH es una variable que identifica a los hogares según su situación, respecto a la privación material, en cuanto a dos dimensiones: recursos corrientes y patrimonial. La dimensión patrimonial se mide a través del indicador de condiciones habitacionales, que establece que los hogares que habitan en una vivienda con pisos o techos de materiales insuficientes, o que carecen de inodoro con descarga de agua, presentan privación patrimonial. La dimensión de recursos corrientes se mide a través del indicador de capacidad económica, mediante el cual se determina si los hogares pueden adquirir los bienes y servicios básicos para la subsistencia. Este indicador se construye a partir de la relación entre la cantidad de ocupados y/o jubilados del hogar y la cantidad total de sus integrantes. En dicho cálculo se consideran algunas características de los integrantes del hogar, como los años de escolaridad formal aprobados, el sexo, la edad y el lugar de residencia.

Escolaridad	Porcentaje de población de 20 años y más de edad con hasta 10 años de escolaridad aprobados.
	Porcentaje de mujeres de 20 años y más de edad con hasta 10 años de escolaridad aprobados.
Maternidad adolescente	Porcentaje de madres menores de 18 años sobre el total de mujeres entre 14 y 18 años de edad.

Nota metodológica: los valores para cada variable y unidad espacial fueron transformados en números índice (puntajes omega) de acuerdo a la siguiente fórmula matemática:

$$I = 1 - \frac{\text{Máximo} - a}{\text{Máximo} - \text{mínimo}}$$

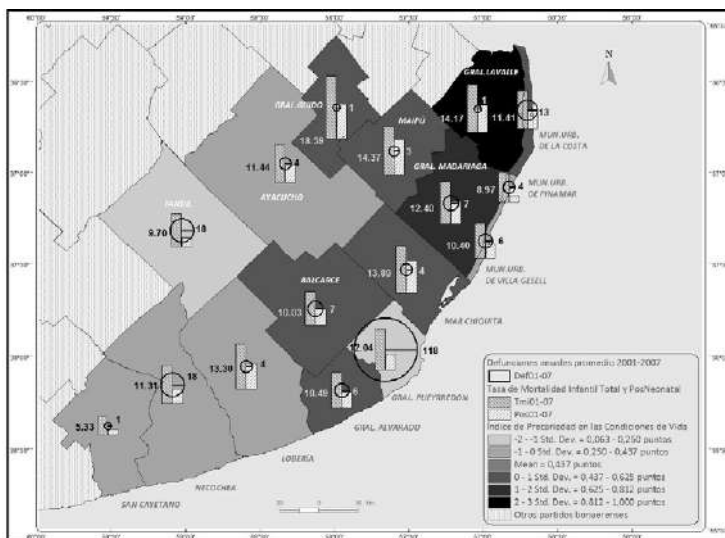
El índice final de precariedad en las condiciones de vida de la población consiste en la sumatoria de los valores índice de cada variable, ponderados según igual peso relativo para todos los indicadores. El resultado reviste un valor teórico que puede alcanzar un rango entre 0 y 1 para reflejar la mejor y la peor situación, respectivamente.

Estos indicadores pueden ser utilizados para detectar población con riesgo de sufrir procesos de morbilidad y eventos de mortalidad infantil, en general, y posneonatal, en particular. Se hace necesario, entonces, determinar a su vez su trascendencia social, con vistas a dirigir los esfuerzos a realizar tanto por el sistema de salud como por la sociedad en su conjunto para lograr progresos relevantes en esta esfera (González Pérez *et ál.*, 1990).

La configuración territorial del ipc⁵ exhibe un gradiente orientado de nor-noreste a sur-suroeste (Figura 1). Las situaciones de mayor precariedad se ubican en el partido de General Lavalle, en primer lugar, y de General Madariaga, en segundo lugar, con los valores más críticos –0,907 y 0,683 puntos, respectivamente– en las categorías muy alto y alto del ipc, y que involucra a un total de 22.117 habitantes estimados para el 2008.

⁵ Se ha utilizado la clasificación por un desvío estándar en la confección de la cartografía temática, cuyo resultado muestra dos categorías por debajo de la media del conjunto, y tres categorías con valores superiores al promedio general.

Figura 1. Índice de precariedad en las condiciones de vida de la población, tasa de mortalidad infantil y tasa postneonatal, según partidos, Región Sanitaria VIII, provincia de Buenos Aires, República Argentina



Fuente: elaboración propia según datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2001 y del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires. Cartografía del Grupo de Estudios sobre Población y Territorio de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Una amplia franja se adentra en el corazón de la región, con situaciones medias en el IPCV, incluyendo a los partidos costeros marítimos de La Costa, Mar Chiquita y General Alvarado, y los distritos continentales de General Guido, Maipú y Balcarce, con valores por sobre el promedio del conjunto, entre 0,437 y 0,625 puntos. Allí residen 182.204 personas.

Por debajo de la media regional se encuentran otros seis partidos en el centro y sur, la mayor parte situados sobre la costa atlántica: Pinamar, Villa Gesell, Lobería, Necochea y San Cayetano, y el partido de Ayacucho en la zona mediterránea, con cifras del IPCV entre 0,250 y 0,437 puntos, que se califican como bajos, y donde habitan 187.639 personas.

En el extremo de la serie, los partidos de General Pueyrredón y Tandil – uno marítimo, el otro serrano– reconocen las situaciones más favorables en el IPCV, con muy bajos valores –0,063 y 0,250 puntos, respectivamente– y con la mayor concentración de población en la región, sobre una estimación de 727.699 habitantes en 2008.

La relación del nivel del IPCV con las medidas epidemiológicas en cada partido muestra una correspondencia más directa en las situaciones de criticidad mayor. En este sentido, es posible visualizar que las jurisdicciones con rangos superiores al promedio del conjunto en el IPCV también exhiben los mayores niveles promedio de las tasas de mortalidad infantil para el período 2001-2007: de 18,6‰, 14,4‰ y 14,2‰ en General Guido, Maipú y General Lavalle, respectivamente. Por su parte, las unidades espaciales que cuentan en promedio con mejores situaciones de vida, se ubican en valores bajos de la tasa de mortalidad infantil, como por ejemplo Tandil, con el 9,7‰; Pinamar, con el 9,0‰, y San Cayetano, con el 5,3‰. Sin embargo, desde cierto umbral de este último indicador la correlación resulta más difusa, pues se localizan valores igualmente reducidos en algunos partidos con IPCV medio, como Balcarce y General Alvarado.

Es probable que a partir de un valor determinado de la tasa de mortalidad infantil, los niveles de descenso posteriores se hagan más difíciles y lentos, pues atañen en mayor cuantía a la prevalencia de las causas endógenas de la mortalidad de menores de un año. Por tanto, la otra medida epidemiológica estudiada, es decir, la tasa de mortalidad posneonatal, reflejaría mejor la correlación entre los dos indicadores, lo cual se puede visualizar también en el Figura 1.

Para ilustrar estas afirmaciones, en la siguiente tabla se reproducen los valores medios de tales indicadores epidemiológicos en cada categoría del IPCV.

Indicador	IPCV Muy bajo	IPCV Bajo	IPCV Medio	IPCV Alto y muy alto
TMI (‰)	10,87	10,12	13,13	13,29
TMPNEO (‰)	3,68	4,14	7,64	7,42

En las cuatro categorías del IPCV⁶, las medidas sintéticas sobre la incidencia de condiciones de vida precarias en los partidos de la Región Sanitaria VIII y las medidas epidemiológicas de la mortalidad infantil se presentan asociadas positivamente, demostrando un gradiente que permite suponer la importancia de implementar programas de vigilancia de las causas relativamente más simples de controlar, reducir y evitar, como son las determinadas por el ambiente social.

Por un lado, al realizar la correlación estadística entre el IPCV (2001) por partidos de la Región Sanitaria VIII y los valores de la TMI (promedio del período 2001-2007) se obtuvo un resultado de 0,48; por otro lado, se vinculó el

⁶ Las cinco categorías del IPCV se ajustaron y redujeron a cuatro por el agrupamiento de las dos modalidades alto y muy alto, debido a la presencia de una sola unidad espacial en cada una de ellas.

índice mencionado y la tasa de mortalidad posneonatal (promedio del período 2001-2007), que alcanzó un valor de 0,59. De este modo se constata que existe una asociación positiva entre ellas, es decir que al aumentar el IPCV, también lo hacen proporcionalmente las tasas aludidas.

Entonces, las condiciones de vida están directamente relacionadas con los eventos de mortalidad infantil y, en especial, de mortalidad posneonatal, observados desde su distribución territorial.

Consideraciones finales

Los procedimientos realizados han permitido sintetizar un cúmulo importante de información relativa a la situación de la mortalidad infantil y su vinculación con las condiciones de vida de la población al interior de la Región Sanitaria VIII de la provincia de Buenos Aires.

La espacialización sociosanitaria efectuada puede contribuir, de manera que resulte accesible a las autoridades decisorias, por diversas razones: por las lecturas integradas que los mapas permiten por las relaciones espaciales entre variables sociales y epidemiológicas, y por la identificación, medición y monitoreo de los indicadores de riesgo que convergen en un mismo lugar y población.

Las disparidades observadas entre los partidos que integran la región permiten reconocer los diferentes grados de avance entre las poblaciones involucradas, con respecto a sus condiciones actuales de existencia y a las perspectivas que depara el porvenir a sus jóvenes integrantes. En este sentido, los resultados destacan la presencia de jurisdicciones político-administrativas donde los niveles de la mortalidad infantil muestran todavía valores elevados que llaman la atención de las organizaciones públicas y de los investigadores. En un contexto general de descenso transicional de la morbilidad y de la mortalidad total e infantil, algunos territorios quedan expuestos a la medida del riesgo en la salud y de exposición a la muerte.

Es en este punto que los esfuerzos estatales desde las instituciones –incluida la universidad pública– tienen la misión de estudiar, conocer y difundir, con el fin de lograr las intervenciones necesarias para revertir esas situaciones de injusticia social que, desde el análisis espacial, se muestran como estados de inequidad territorial. De esta manera, y a partir de una primera aproximación a la problemática de la salud materno infantil, este trabajo deja abierta la puerta a otros análisis, incorporando nuevas variables como la incidencia del bajo peso al nacer en la recurrencia de morbi-mortalidad infantil, que es una

causa intensamente nombrada en la literatura médica y que tendría influencia durante todo el primer año de vida.

Se espera que los resultados y productos del estudio centrado en la dimensión espacial, como una de las aristas de la compleja problemática de salud materno infantil, sean un aporte para la toma de decisiones en materia de salud, lo cual supone estrategias de gestión acordes a las necesidades de las distintas unidades que la integran.

Este estudio puede contribuir al sistema sanitario provincial en general, es decir, a la forma organizada con que la sociedad da respuestas a los problemas de salud, de manera que permita reducir la segregación territorial, la exclusión y las desigualdades en el acceso a los distintos servicios esenciales, que posibiliten una vida saludable para todas las personas.

Bibliografía

- Álvarez, M. F. S. y Maccagno, A. M. (2003) “Diferenciales de mortalidad infantil en Argentina a fines del siglo xx”. VI Jornadas Argentinas de Estudios de Población. Asociación de Estudios de Población de la Argentina (AEPA) y Universidad Nacional del Comahue. Buenos Aires, pp. 579-595.
- ARGENTINA (2006) Base de Usuarios del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Ministerio de Economía de la Nación. Buenos Aires. CD-ROM.
- Aveni, S. (2008) “Geografía de la salud y calidad de vida: un análisis de la condición sanitaria”. En Lucero, P. (dir.), *Territorio y calidad de vida, una mirada desde la Geografía local*. Mar del Plata y partido de General Pueyrredon. Universidad Nacional de Mar del Plata. EUDEM, pp. 229-251.
- Buzai, G. y 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. Alcalá, Universidad de Alcalá de Henares.
- Buzai, G. (comp.) (2007) *Métodos cuantitativos en Geografía de la salud*. Departamento de Ciencias Sociales. Programa de Estudios Geográficos (PROEG). Universidad Nacional de Luján, Ed. Serie Publicaciones del PROEG, N.º 2.

- Buzai, G. y Baxendale, C. (2006) *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Buzai, G. (2003) *Mapas sociales urbanos*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Cáceres, N.; Ferri, A.; Fita, R. y Tosoroni, D. (2005) “Mortalidad en la infancia: un desafío constante”. VII Jornadas Argentinas de Estudios de Población. Asociación de Estudios de Población de la Argentina (AEPA), pp. 191-204.
- Gianna, A. M. (2005) “Evolución de indicadores de salud materno infantil. Provincia de Buenos Aires. Año 1990-2001”. VII Jornadas Argentinas de Estudios de Población. Asociación de Estudios de Población de la Argentina (AEPA), pp. 205-221.
- Loyola, E.; Castillo-Salgado, C.; Nájera-Aguilar, P.; Vidaurre, M.; Mujica, O. y Martínez-Piedra, R. (2002) “Los Sistemas de Información Geográfica como herramienta para monitorear las desigualdades de salud”. En *Revista Panamericana de Salud Pública*, Vol. 12, N.º 6.
- Mazzeo, V. (2003) “La mortalidad infantil en la Argentina. ¿Se cumplirán las metas del año 2000?”. VI Jornadas Argentinas de Estudios de Población. Asociación de Estudios de Población de la Argentina (AEPA) y Universidad Nacional del Comahue. Buenos Aires, pp. 562-578.
- Moreno Jiménez, A. y Buzai, G. (coords.) (2008) *Análisis y planificación de servicios colectivos con SIG*. Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid. Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Luján. Madrid.
- Santos, M. (2000) *La naturaleza del espacio. Técnica y tiempo. Razón y emoción*. Barcelona, Ariel.
- Spinelli, H.; Alazraqui, M.; Calvelo, L. y Arakaki, J. (2000) “Mortalidad infantil, un indicador para la gestión local. Análisis de la mortalidad infantil en la provincia de Buenos Aires en 1998”. ops, N.º 51.
- Trifiró, M. C. (2007) “La mortalidad infantil en Argentina y Chile: comparación de su evolución desde 1950 y estado actual”. IX Jornadas Argentinas de Estudios de Población. Asociación de Estudios de Población de la Argentina (AEPA) y Universidad Nacional de Córdoba. CD-ROM.

Referencias en línea

González Pérez, G.; Silva Ayzaguer, L.; López Cordero, R. e Iraola Martínez, R. (1990) “Factores socioeconómicos asociados a la mortalidad pos-neonatal en Cuba”. En revista *Salúde Pública*, V. 24, N. ° 2, San Pablo. Disponible en: <http://www.scielosp.org/scielo>.

3. El uso de Sistemas de Información Geográfica en Ecología

*Silvia D. Matteucci*¹

Resumen

La aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio de procesos ecológicos es relativamente reciente. Las primeras aplicaciones se limitaron a la construcción de mapas de cobertura usados para planificar el muestreo a campo. Actualmente se reconoce la utilidad de los SIG para contestar preguntas acerca de procesos ecológicos. A modo de ejemplo, se presentan dos estrategias en entorno SIG que permiten dilucidar los procesos de distribución de especies y su movimiento en un medio heterogéneo: la evaluación multicriterio para generar mapas de aptitud de hábitat y el análisis de costo para identificar rutas de traslado de las especies. Los conocimientos en estos temas son imprescindibles para el manejo de las poblaciones animales y para la conservación de la biodiversidad en un planeta sometido a intenso y extensivo cambio de uso de la tierra.

Introducción

La primera experiencia de generación de mapas por computadora (no digital) fue el *Atlas de la flora británica* de 1963, obtenido a partir de un sistema de tarjetas perforadas. Los primeros mapas por computadoras digitales aparecieron en la década de 1960; la primera versión de ArcInfo de ESRI es de 1980 y las de

¹ CONICET, GEPAMA-UBA. E-mail: sdmatteucci@conicet.gov.ar.

Idrisi y MapInfo, de 1987 (Coppock y Rhind, 1991). El ingreso de los SIG al mundo de los ecólogos en 1992 –según la revista *Ecology*, un referente internacional de la disciplina– muestra un retardo considerable en la adopción de esta herramienta, especialmente si se considera que el siguiente trabajo apareció en 1995, y que recién a partir de 1997 comenzó a incrementar la aparición de trabajos que utilizaban SIG en la mencionada revista.²

La Ecología de paisajes introdujo el uso de los SIG mucho antes, en la década de 1980, cuando esta herramienta se hizo disponible comercialmente. Esta adopción temprana probablemente se deba a la experiencia de los ecólogos de paisajes en el procesamiento de fotografías aéreas y en la fotogrametría. Sin embargo, no me referiré aquí al uso de los SIG en Ecología de paisajes, porque, tal como la concebimos, es una rama del conocimiento más parecida a la Geografía que a la Ecología, aunque con énfasis en los procesos horizontales más que en representaciones espaciales.

La Ecología, como estudio de las interacciones entre los organismos y el ambiente, se plantea muchas preguntas cuyas respuestas se simplifican mediante el uso de los SIG. Los temas que preocupan a los ecólogos actualmente se refieren a la distribución de las especies: cómo se produjo la actual distribución, cómo es afectada por otros procesos físico-bióticos y sociales, cuándo se produjo y cuál será su futuro ante el cambio climático y el cambio global.

Los SIG ofrecen la posibilidad de obtener respuestas más robustas a estas preguntas porque permiten estudiar procesos en grandes extensiones, combinar factores operativos sobre los procesos, aplicar modelos multivariados para identificar las variables de mayor peso en los procesos, facilitar la visualización de los resultados y transferir los conocimientos.

En este trabajo describiré algunas herramientas de los SIG que ayudan a responder algunas de las preguntas que se hacen los ecólogos. Dadas las limitaciones de tiempo y espacio, esta no es una revisión exhaustiva sino solo una nota ejemplificadora.

Distribución de las especies: modelos de aptitud de hábitat

Los mapas descriptivos que muestran la distribución de las especies y los ecosistemas, que responden a la pregunta “¿dónde?”, son de larga data, de antes de la aparición de los SIG. Sin embargo, esta herramienta no solo facilita y

² Base de datos de ESA: <http://esapubs.org/>.

acelera la generación de mapas de ubicación de las especies sino que también permite empezar a comprender los procesos modeladores de esta distribución, especialmente en grandes áreas. Muchos procesos ecológicos ocurren a grandes distancias, como por ejemplo el movimiento de los cetáceos en los océanos, o de los mamíferos grandes en la tierra, o de las aves migratorias en el aire y la tierra. Es relativamente fácil seguir el movimiento de los individuos mediante marcaciones de los animales sin usar SIG, pero cuando lo que interesa es entender los factores que permiten o impiden el movimiento de los animales, se requieren mapas de todo el espacio abarcado por el movimiento, y no solo de los extremos y algunos puntos intermedios.

Los modelos de aptitud de hábitat permiten identificar los intervalos de variables y la combinación de variables que se ajustan a los requerimientos de una especie durante su ciclo de vida. Si las variables están georreferenciadas, se puede obtener un mapa de aptitud de hábitat para la especie en cuestión.

Ya sea que la aptitud de hábitat se represente mediante ecuaciones o mediante mapas, existen muchos procedimientos diferentes que, en líneas generales, pueden clasificarse en dos grandes grupos: aquellos que generan ecuaciones o mapas potenciales de distribución de la especie sobre la base de variables ambientales asociadas al comportamiento biológico de la misma, y aquellos que utilizan datos de campo de presencia y ausencia de la especie para generar los modelos de aptitud que luego pueden ser extrapolados a áreas vecinas generando mapas potenciales para zonas que no fueron exploradas. Por ahora me ocuparé de los modelos cartográficos de aptitud potencial de hábitat sobre la base de variables ambientales.

Algunas especies de fauna son difíciles de censar porque no se perciben fácilmente en el campo. En estos casos se emplea la inferencia para descubrir los sitios potenciales en los que puede estar presente la especie. La inferencia se hace a partir del conocimiento de las relaciones entre la especie y el medio en que viven, con datos de la bibliografía sobre comportamiento de la especie o con información de expertos. Uno de los procedimientos más usados consiste en obtener un mapa de la cobertura y los usos de la tierra y reclasificar las categorías del mapa en aptas o no aptas para una determinada especie. Este procedimiento es simple y simplista porque no siempre hay una asociación entre tipo de cobertura y presencia de una especie. Un fragmento de bosque puede ser hábitat apto o no para una especie dependiendo de otras variables, como altitud, pendiente, presencia de fuentes de agua cercanas, etc. Esto es, la cobertura no siempre resulta una variable proxy válida para los requerimientos

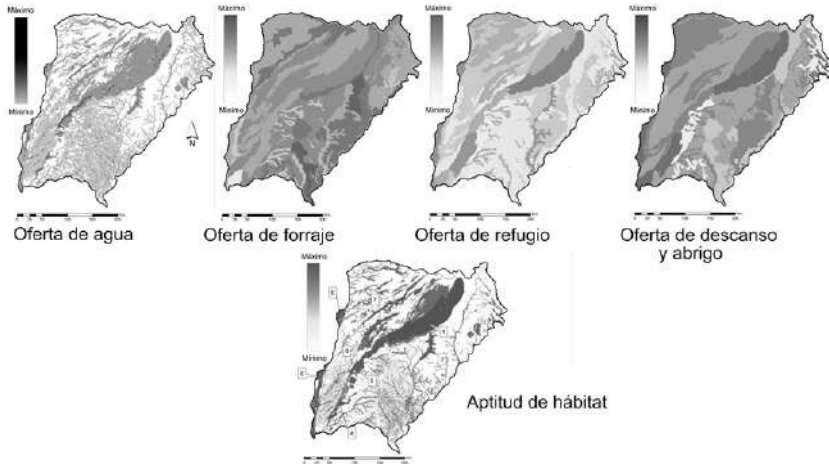
de la especie. Otro procedimiento consiste en la superposición y operación matemática entre mapas de las variables operativas durante el ciclo de vida de una especie; dichas variables pueden ser climáticas, topográficas, presencia de forrajeras, cobertura vegetal, presencia humana, presión por actividades humanas, etc.

Los modelos de aptitud potencial de hábitat deben ser validados mediante datos de campo sobre presencia/ausencia de individuos de la especie, ya que no dicen dónde se encuentra la especie sino dónde podría estar presente. Sin embargo, el trabajo a campo se ve facilitado porque no será necesario recorrer las zonas de muy baja o nula aptitud, donde a priori se sabe que no se encontrará la especie. Con este objetivo de reducir el área de relevamiento a campo se hizo el mapa de aptitud para los humanos de hace 3.500 años antes del presente en el ecotono bosque-estepa patagónica, como proxy para identificar los sitios más probables de ubicación de depósitos arqueológicos en un espacio de “baja visibilidad” por la topografía accidentada y la cobertura boscosa (Matteucci y Scheinsohn, 2007). Además de contribuir con el manejo de las especies nativas, los mapas de aptitud potencial permiten evaluar en qué medida los futuros cambios climáticos y de uso de la tierra modificarán la distribución potencial de las especies (ver por ejemplo Stralberg *et ál.*, 2009).

Como ejemplo de modelo de hábitat potencial basado en el comportamiento animal, mencionaré el trabajo de Schivo *et ál.* (2010) cuyo objetivo fue identificar las áreas de aptitud potencial de hábitat para el carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*) en la provincia de Corrientes. El carpincho es un roedor semiacuático cuyos requerimientos son: fuentes de agua para termorregulación, apareamiento y como medio de escape; y diversos tipos de vegetación como fuente de forraje, refugio y descanso. Se generaron capas de oferta hídrica (ríos, esteros y lagunas), oferta forrajera (tipos de vegetación con especies forrajeras), oferta de refugio (tipo de vegetación arbustiva para refugio) y oferta de descanso y abrigo (tipos de vegetación arbórea, herbácea y acuática para descanso). Las capas de oferta de forraje, refugio y descanso se obtuvieron asignando valores a cada una de las unidades de tierra de un mapa fitogeográfico de Corrientes, según su capacidad de oferta para cada actividad. Para facilitar la integración de los datos se dividió el territorio correntino en hexágonos de 260 ha.

El mapa de aptitud potencial de hábitat se obtuvo en un entorno SIG integrando los índices parciales de cada uno de los cuatro mapas de oferta mediante una combinación lineal ponderada en los hexágonos (Figura 1).

Figura 1. Mapas de las variables del hábitat y de aptitud de hábitat



Fuente: Schivo *et ál.*, 2010.

En este ejemplo, se opera matemáticamente sumando hexágono a hexágono las cuatro capas de factores ambientales, con una ponderación de las variables de modo que si dentro de las 260 ha no existen fuentes de agua, la aptitud es muy baja o nula. Los SIG actuales suelen tener módulos que permiten la integración de capas píxel a píxel para obtener un mapa de aptitud de hábitat. Un ejemplo es el sistema de soporte para la toma de decisiones, que se aplica generalmente para zonificación de los usos de la tierra, y donde el marco de decisiones es el uso particular a ubicar dentro de un territorio. La ubicación se realiza sobre la base de los criterios representados por factores que influyen en la aptitud de cada sitio para dicho uso.

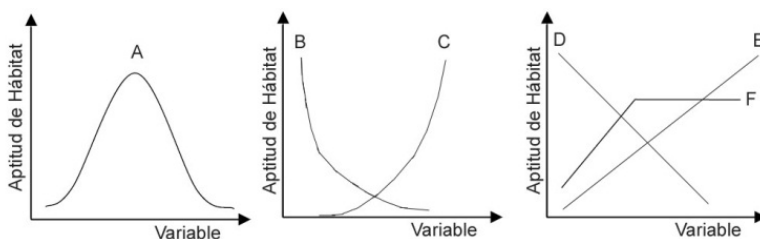
Para el ecólogo que estudia la distribución de una especie, el marco de decisiones es el hábitat para una determinada especie, y los criterios son los requerimientos de la especie representados por factores (variables) ambientales que influyen en el comportamiento, vida y supervivencia de la población en un territorio. Este tipo de análisis se denomina evaluación multicriterio. *Evaluación* porque evalúa el grado de aptitud de cada píxel del mapa, y *multicriterio* porque la evaluación se basa en la combinación de un conjunto de criterios. El procedimiento requiere la construcción de un mapa de cada factor o variable, la ponderación de cada uno de ellos y su agregación para obtener el mapa final de aptitud potencial de hábitat (Matteucci *et ál.*, 2007).

Cada factor se representa en un mapa en que cada píxel tiene el valor de la variable en el sitio. Los valores son absolutos y numéricos y la escala en que se representan depende de sus características intrínsecas. Pueden expresarse en cualquier unidad de medida. Si hay factores con valores nominales (por ejemplo, tipo de suelo, cobertura vegetal), estos deben transformarse en numéricos, generando un código numérico para los nombres de las clases.

Todos los mapas deben tener la misma extensión y resolución, ya que la integración consiste en una operación de píxel a píxel a través de los mapas. Como con toda operación matemática, si las escalas de valores de las diversas variables son muy diferentes, las relaciones entre ellas pueden quedar enmascaradas por aquellas de valores más altos. Por lo tanto, es necesario estandarizar las variables; esto es, homogeneizar las escalas de valores. Existen varios criterios de estandarización. Los valores estandarizados pueden variar de 0 a 1 (escala binaria), de 0 a 100, de 0 a 255 (escala *byte*) o la que el investigador prefiera. La escala de *bytes* provee el máximo de diferenciación y es recomendable cuando hay factores con escalas de valores muy amplias.

Cualquiera sea la escala elegida, la aptitud crece con los valores; esto es, valores bajos representan baja aptitud: se identifica con 0 (cero) al sitio no apto, y con el valor máximo, al sitio apto. Además, no todas las variables varían linealmente entre estos extremos; pueden hacerlo también de forma sigmoideal o en forma de J. La estandarización y el ajuste a la función de variación se realizan simultáneamente mediante una técnica denominada *fuzzy*, que modela los cambios transicionales de la pertenencia de los píxeles a un valor dado, sobre la base de tres funciones: lineal, sigmoideal y en forma de J, crecientes o decrecientes (Figura 2).

Figura 2. Funciones de ajuste



A: sigmoideal; B y C: en J; D y E: lineal; F: lineal con máximo de aptitud; A: aptitud máxima a valores intermedios de la variable; B y D: disminuye la aptitud al incrementar el valor de la variable; C y E: aumenta la aptitud al incrementar el valor de la variable.

Además, el procedimiento de ajuste a la función permite introducir umbrales máximos y mínimos de las variables. Por ejemplo, si el factor es la distancia a un objeto (una fuente de agua) y la aptitud disminuye con la distancia, el ajuste deberá ser el de una función lineal decreciente, para que los valores altos de aptitud coincidan con valores bajos de distancia. Si además el factor tiene un umbral de aptitud (a más de 1 km de la fuente de agua, esta no es percibida por la especie), este dato se incorpora al momento de realizar la estandarización. Para la estandarización de datos nominales es necesario asignar a las categorías valores subjetivos basados en los conocimientos de los investigadores o planificadores. El mismo procedimiento se emplea si los factores se califican con valores numéricos discretos. El cambio de escala se hace mediante reclasificación de valores nominales o discretos.

El resultado final de esta etapa es el conjunto de factores representados en mapas, calibrados de modo tal que los valores altos representen alta aptitud, y los bajos, baja aptitud, y todos en la misma escala de valores. Para integrar estos mapas es necesario, primero, dar un valor de importancia relativa a cada factor. La ponderación de los factores es necesaria para poder aplicar un criterio de compensación. Esto es, si un píxel es apto de acuerdo a un criterio y no apto o menos apto de acuerdo a otro criterio, el factor de más peso será el que determine el valor final de aptitud del píxel al momento de integrar los factores.

La asignación de valores de ponderación es subjetiva y fundada en el conocimiento de los expertos. Es una instancia de discusión que puede llevar varias sesiones hasta lograr un acuerdo. Es importante la participación de profesionales y ciudadanos de diversas disciplinas y actividades para acotar la subjetividad. Existen técnicas que facilitan esta tarea de intercambio y aseguran la consistencia de los razonamientos (Saaty, 1977). Los programas de información geográfica cuentan con módulos que aceleran los procesos de cálculo y ayudan a sistematizar la tarea.

Para la integración de los factores se usa el método de combinación lineal ponderada, que permite retener la variabilidad de los factores y también permite compensaciones entre los factores. Las operaciones que se realizan en cada píxel son: 1) la multiplicación de cada valor de cada factor por su coeficiente de ponderación; 2) la suma de todos los productos; y 3) la división del resultado de la suma por la cantidad de factores. Al aplicar esta ecuación se realizan las compensaciones.

El mapa final es el mapa de aptitud de hábitat de valores continuos. Queda en manos del investigador la decisión final acerca de los requisitos que se

aceptarán para considerar que un área es apta o no. El investigador establece las pautas indicando el valor mínimo de aptitud aceptable y elige en el mapa todos los píxeles que tienen valores igual o mayores que este umbral como áreas para la especie.

La evaluación multicriterio tiene ventajas: permite evaluar grandes superficies, integrar variables diversas –incluso relacionadas con la actividad humana (distancia a las ciudades, a carreteras, etc.)–, y produce un mapa de valores continuos. Esto último es un gran avance en relación con los mapas discretos basados en el modelo matriz, ya que los procesos biológicos y ecológicos raramente ocurren entre límites netos, sino que sus tasas varían gradualmente en el espacio.

Movimiento de las especies en un medio heterogéneo: obtención de la ruta de menor costo

Uno de los temas cruciales de la conservación de especies es la conectividad del territorio, que mide el grado al cual los elementos del territorio están unidos por procesos de dispersión (Ellis *et ál.*, 2010) o el grado de facilitación o impedimento al movimiento de organismos entre fragmentos de hábitat (Hansson, 1991).

La distribución de las especies y la dinámica de las poblaciones no solo dependen de la aptitud del hábitat, sino también de la posibilidad de llegar al hábitat apto para su vida, y esto depende de la conectividad, especialmente en los espacios fragmentados por el avance de las actividades productivas humanas.

La conectividad es función de las características del paisaje (componente estructural) y del comportamiento del organismo que se traslada (componente funcional). Esto implica que la conectividad no solo es específica para cada especie, sino que también es específica para cada proceso; esto es, las reglas para evaluar la conectividad intra-parche en un movimiento diario son diferentes de aquellas para medir conectividad en un paisaje para un traslado estacional, y de las empleadas para un traslado regional o continental. La conectividad estructural tiene en cuenta solo el diseño del territorio (distancia entre parches, tamaño de parches, agregación de píxeles, etc.), y la funcional tiene en cuenta el comportamiento animal (distancia de traslado en un tiempo dado, área de acción o *home range*, tipos de cobertura preferidos, etc.).

La evaluación de la conectividad se realiza desde hace mucho tiempo en el modelo espacial matriz de unidades territoriales discretas. Ya sea estructural o

funcional, lo que se obtiene es una media del valor de conectividad del área de estudio; no tiene en cuenta la configuración local, como por ejemplo la orientación de los parches, ni de los caminos u otras posibles barreras. Por ejemplo, la métrica que calcula la relación entre el ancho y el largo de un fragmento puede dar una idea de la predominancia de fragmentos alargados, pero no indica dónde están o cómo se orientan con relación al movimiento de los organismos. Estas métricas no permiten comprender el proceso de traslado porque no se tiene en cuenta la ruta seguida por el organismo, cuya longitud puede ser muy distinta a la distancia lineal entre dos fragmentos de hábitat.

Esta limitante se soluciona con el cálculo de la ruta de menor costo entre un par o más de fragmentos de hábitat mediante el análisis de superficie de costo. En el caso del movimiento animal, la ruta de menor costo es la que requiere menor esfuerzo, menor gasto energético, menor riesgo para la supervivencia del organismo, o cualquiera de las combinaciones posibles de estos requisitos. La ruta de menor costo depende de la distancia entre el origen y el destino del viaje, de las fricciones que frenan o dificultan el movimiento y del comportamiento animal. La ruta de menor costo es una medida de conectividad funcional, difiere para cada especie según su comportamiento y se calcula en mapas de valores continuos.

La técnica se puede aplicar a distintas escalas, desde millones de km² (La Rue y Nielsen, 2008, para movimientos del puma en el centro-oeste de Estados Unidos), 101.000 km² (Nikolakaki, 2004, para movimientos de aves en el bosque de Sherwood), 5.000 km² (Pullinger y Johnson, 2010, para movimientos de renos en British Columbia, Canadá), y podría ser aún más pequeña, ya que depende del tipo de movimiento (diario o estacional o dispersión biogeográfica) y del organismo de que se trate (desde grandes mamíferos hasta pequeños artrópodos).

El análisis de la superficie de costo para la obtención de la ruta de menor costo requiere como insumo cuatro capas temáticas: una con el sitio o sitios de origen del traslado; otra con el sitio o sitios de destino del traslado; una superficie de fricción, que contiene el valor de resistencia de cada píxel; y la superficie de costo, que se obtiene mediante la combinación de la superficie de fricción y la capa de sitios de origen. Los sitios de origen y destino pueden ser puntos o polígonos.

La obtención de la superficie de fricción es la etapa clave de todo el procedimiento, ya que de ella dependen, en gran medida, los resultados. La asignación de un valor de fricción a cada píxel puede hacerse de muchas maneras, desde

procedimientos subjetivos basados en el conocimiento de expertos hasta modelos de uso de hábitat o con funciones de selección de recursos.

Frecuentemente, la superficie de fricción se construye a partir de un mapa de vegetación, asignando valores de resistencia relativa de acuerdo a la facilidad de movimiento de la especie particular en cada clase de vegetación. Una especie de pastizal se moverá con facilidad en un pastizal y este tipo de cobertura recibirá un valor de 1, que es la fricción mínima, mientras que a un bosque se le asignará un valor proporcional al esfuerzo por encima de aquel realizado en el pastizal. Una carretera podría ser considerada una barrera que impide el paso del animal; en este caso, la fricción sería -1, en algunos programas de SIG, o 0, en otros programas. Esta técnica de asignación de valores de fricción es totalmente subjetiva.

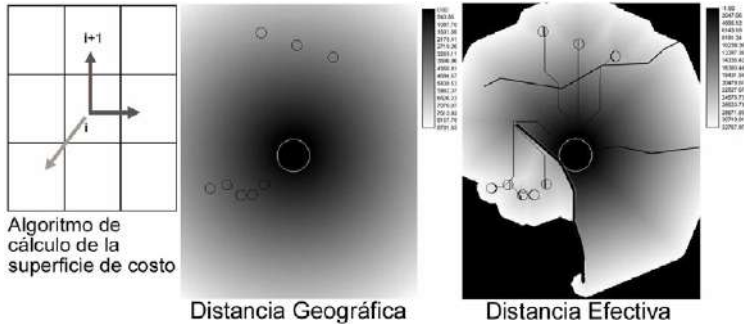
Es mucho más confiable generar el mapa de fricción a partir del mapa de aptitud de hábitat (o de aptitud de movimiento) porque, como se vio en el acápite anterior, permite incluir muchos factores y muy variados, incluyendo presencia y actividades humanas. Lo dicho es cierto solo si el modelo de aptitud de hábitat fue obtenido a partir de datos empíricos. Si el modelo de aptitud de hábitat es subjetivo porque ha sido elaborado a partir de conocimiento experto, los valores de fricción también serán subjetivos, como en el caso del flujo de pumas en el centro-oeste de Estados Unidos (La Rue y Nielsen, 2008).

El próximo paso es la generación de una superficie de costo, que es una imagen de valores continuos de distancia efectiva entre los sitios de origen y destino. Representa el costo de traslado desde el origen hacia el resto de los píxeles del mapa en todas las direcciones. Se genera a partir de dos capas temáticas: la de superficie de fricción y la de sitio(s) de origen. El cálculo tiene en cuenta la distancia geográfica y la resistencia que ofrece cada píxel al movimiento. El algoritmo empleado es muy simple, consiste en asignar al píxel vecino la suma del valor de resistencia del píxel de origen más el valor de resistencia del vecino, y esto se repite con cada uno de los píxeles que rodean al píxel de origen (Figura 3).

Para los píxeles diagonales introduce una corrección por tratarse de una longitud mayor. Este proceso se repite en todos los píxeles de la imagen. La unidad de medida del costo es el “equivalente de píxel”, que se define como el costo de movimiento a través de una celda cuando la fricción es 1. Esto quiere decir que el traslado a través de 10 celdas con fricción = 1 requiere el mismo esfuerzo que el movimiento por una celda de fricción = 10; en ambos casos, el costo es 10. Algunos investigadores llaman *distancia efectiva* al costo de traslado, ya que es una medida de distancia euclidiana modificada por el patrón espacial del área de estudio y el comportamiento del organismo que se traslada. En

realidad, *distancia efectiva* es una traducción a términos ecológicos de costo de traslado, que es un vocabulario de ingenieros.

Figura 3. Superficie de costo



Círculo blanco: origen; círculos negros: destinos; líneas negras gruesas: barreras; líneas negras delgadas: ruta múltiple de menor costo.

Finalmente, a partir del mapa de destinos del movimiento y de la superficie de costo se obtiene la vía de menor costo entre el origen y el destino. Es importante recordar que la vía de menor costo es la que requiere menor esfuerzo, menor riesgo o menor costo energético; no es necesariamente la más corta ni la más rápida (Figura 3). El algoritmo opera como una bola de billar recorriendo una pendiente cuesta abajo, parte del píxel de destino, que es el que tiene valor de costo más alto, y “baja” siguiendo el camino más empinado, hacia el origen, que tiene el valor inferior de costo, eligiendo de píxel a píxel valores decrecientes de costo. El algoritmo da la opción de encontrar rutas múltiples si el investigador lo desea. El resultado es un mapa booleano en el cual los píxeles de la ruta valen 1 y el resto vale 0. Esta ruta, convertida a un mapa vectorial, puede superponerse al mapa original de aptitud de hábitat para visualizar el proceso de traslado.

Otra aplicación interesante del análisis de superficie de costo se da en el estudio de la dispersión de las especies invasoras, especialmente de los patógenos que atacan a los árboles en los bosques. En este caso, la superficie de costo se puede asimilar a un mapa de riesgo de infección, en el cual el riesgo es inversamente proporcional al costo. Esto es, cuanto mayor es el costo de traslado, menor es el riesgo de infección. Esta estrategia se aplicó por primera vez al estudio de la dispersión del patógeno causante del mal del ciprés en los bosques andino-patagónicos (La Manna *et al.*, 2012).

Recientemente se han estudiado los cambios de la distribución de especies frente al cambio climático. Para esto se elaboran mapas de aptitud presente y se comparan con mapas potenciales de aptitud en escenarios futuros de cambios climáticos esperados según diversos modelos prospectivos (Stralberg *et ál.*, 2009).

Conclusiones

Son muchas y muy variadas las aplicaciones de los SIG en Ecología. Aquí he presentado una muestra reducida de las posibilidades. Los ecólogos usan mucho el procesamiento de imágenes satelitales para obtener mapas de cobertura de la tierra, pero lamentablemente usan mucho menos los programas de SIG para dilucidar procesos ecológicos. De a poco se van introduciendo los SIG, como lo demuestra, por ejemplo, el software BioMapper, que permite obtener mapas de aptitud de hábitat a partir de datos de presencia de especies, y opera con un sistema ráster compatible con Idrisi (Hirzel, 2009).

Bibliografía

- Coppock J. T.; Rhind D. W. (1991) "The History of GIS". En Maguire, D. J.; Goodchild M. F. y Rhind, D. W. (eds.) *Geographical Information Systems. Principles and Applications*. Volumen 1, pp. 21-43.
- Goodchild M. F.; Rhind, D. W. (eds.) *Geographical Information Systems. Principles and Applications*. Volumen 1, pp. 21-43.
- Ellis, A. M.; Václavík, T. y Meentemeyer, R. K. (2010) "When is connectivity important? A case study of the spatial pattern of sudden oak death". En *Oikos*, 119, pp. 485-493.
- Hansson, L. (1991) "Dispersal and connectivity in metapopulations". En *Biological Journal of the Linnean Society*, 42, pp. 89-103.
- La Manna, L.; Greslebin, A. G. y Matteucci, S. D. (2012) "Applying cost-distance analysis for forest disease risk mapping. *Phytophthora austrocedrae* as an example". En *Annals of Forest Science* (en prensa).
- La Rue, M. A. y Nielsen, C. K. (2008) "Modelling potential dispersal corridors for cougars in midwestern North America using least-cost path methods". En *Ecological Modelling*, 212, pp. 372-381.

- Matteucci, S. D. y Scheinsohn, V. G. (2007) “Materiales arqueológicos y patrones espaciales. Tres años de trabajo en la intersección entre la ecología de paisajes y la arqueología”. En Matteucci, S. D. (ed.) *Panorama de la ecología en Argentina y países sudamericanos*. Ediciones INTA, pp. 397-410.
- Matteucci, S. D.; Herrera, P.; Miñarro, F.; Adámoli, J.; Torrela, S. y Ginzburg, R. (2007) “Herramientas de toma de decisiones en la zonificación para el uso sustentable en los humedales del sudeste de la región chaqueña”. En *Memorias de la XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Luján.
- Nikolakaki, P. (2004) “A GIS site-selection process for habitat creation: estimating connectivity of habitat patches”. En *Landscape and Urban Planning*, 68, pp. 77-94.
- Pullinger, M. G. y Johnson, C. J. (2010) “Maintaining or restoring connectivity of modified landscapes. Evaluating the least-cost path model with multiple sources of ecological information”. En *Landscape Ecology*, 25, pp. 1547-1560.
- Saaty, T. L. (1977) “A scaling method for priorities in hierarchical structures”. En *Journal of Mathematical Psychology*, 15, pp. 234-281.
- Schivo, F.; Kandus, P.; Minotti, P. y Quintana, R. (2010) “Mapa de aptitud ecológica potencial para el carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*) en la provincia de Corrientes, Argentina”. En *Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes*, 1, pp. 83-100.

Referencias en línea

- Hirzel, A. (2009) *Biomapper. A GIS-toolkit to model ecological niche and habitat suitability*. Disponible en: <http://www2.unil.ch/biomapper/>.
- Stralberg, D.; Jongsomjit, D.; Howell, C. A.; Snyder, M. A.; Alexander, J. D.; Wiens, J. A. y Root, T. L. (2009) “Re-Shuffling of Species with Climate Disruption. A No-Analog Future for California Birds?” En *PLOS ONE*, 4 (9), pp. 1-8. Disponible en: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0006825>.

PARTE II

Equipos de investigación

Universidad Nacional de Luján: Grupo
de Estudios sobre Geografía y Análisis
Espacial con Sistemas de Información
Geográfica (GESIG-UNLU)

1. Análisis de evaluación multicriterio en la determinación de sitios candidatos para la localización de establecimientos educativos

Caso de aplicación: escuelas de educación primaria básica (EPB) en la ciudad de Luján

*Graciela Cacace*¹

Resumen

El presente trabajo de análisis espacial aborda la localización óptima de establecimientos educativos en la ciudad de Luján con datos del año 2008. Las técnicas de evaluación multicriterio en el ámbito de los Sistema de Información Geográfica permiten obtener mapas con sitios candidatos para la localización de nuevos establecimientos educativos. EMC y SIG conforman una poderosa herramienta que permite mejorar el proceso de toma de decisiones y guiar las políticas de planificación socioespacial. La distribución espacial de ciertos servicios deseables tiene como finalidad mejorar la calidad de vida de la población.²

¹ Universidad Nacional de Luján. E-mail: cacacegraciela@gmail.com.

² El presente trabajo forma parte de la tesis final de la Especialización en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica Aplicados al Estudio del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Luján, 2009. Director: Dr. Gustavo D. Buzai.

Introducción

En la República Argentina, la educación primaria básica (EPB) es obligatoria, y el acceso a las escuelas no debería presentar obstáculos. Las temáticas sociales desde el punto de vista espacial y la distribución espacial de ciertos servicios de localización puntual, como es el caso de los centros educativos en un ámbito urbano, muestran la necesidad de planificación. La configuración espacial de la demanda y de la oferta en el área en estudio es ineficiente. Surge así el concepto de *justicia espacial*, una accesibilidad eficiente y equitativa de las diferentes categorías poblacionales hacia los centros de servicios deseables. Para llegar a definir espacialmente sitios candidatos, se aplica una metodología de análisis espacial.

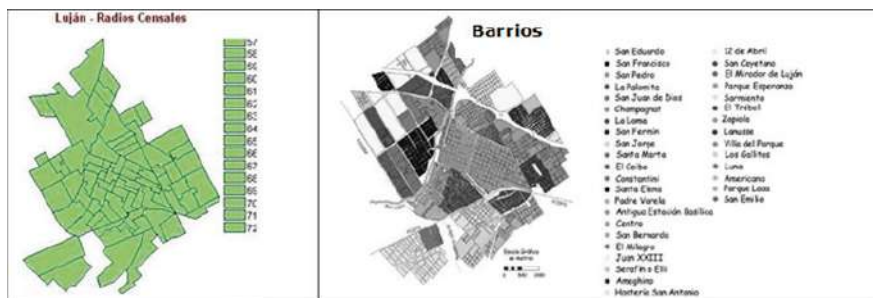
Las técnicas de evaluación multicriterio (EMC) (en inglés Multicriterio Evaluation –MCE–) en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten obtener mapas con sitios candidatos para la localización de nuevos establecimientos educativos. En la actualidad, la aplicación de estas técnicas es el camino de mayor aptitud para mejorar el proceso de toma de decisiones y guiar las políticas de planificación socioespacial tendientes a disminuir las disparidades existentes.

El trabajo se fundamenta en dos aspectos confluyentes: la valoración mundial de las temáticas correspondientes a la distribución socioespacial con fines de planificación y el desarrollo de diversas herramientas que facilitan el manejo de información, como los SIG, tecnología que transita un proceso de verticalización en determinadas aplicaciones (Eastman, 2007), como las técnicas de EMC, actualmente estandarizadas y en un entorno digital.

El área de estudio corresponde a la ciudad de Luján (67.266 habitantes), una aglomeración de tamaño intermedio de la República Argentina (Vapñarsky, 1990).

Considerando una diferenciación de escalas geográficas, la ciudad de Luján forma parte del partido de Luján (777,13 km²), una de las unidades espaciales en las que se divide política y administrativamente la provincia de Buenos Aires. En el año 2001, la ciudad de Luján estaba compuesta por 72 radios censales, definidos por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) como una de las divisiones espaciales de quinto orden para la agregación de datos censales proporcionados por el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Las fracciones censales que componen la ciudad de Luján, es decir, las que contienen radios censales urbanos, son la 01, 03, 05, 06, 07 y 08.

Figura 1. Representación gráfica en mosaicos de polígonos que corresponden a los radios censales urbanos del área de estudio. Barrios de la ciudad de Luján (derecha)



Fuente: Buzai, 2001.

Aplicaciones

Las aplicaciones fueron realizadas mediante el uso de una base de datos geográfica de estructura ráster. El SIG utilizado en el análisis socioespacial ha sido el IDRISI, un sistema específicamente desarrollado bajo el paradigma del modelado cartográfico. IDRISI posee algunos módulos diseñados para la EMC.

Con la finalidad de realizar procedimientos de análisis espacial y la toma de decisiones en la búsqueda de sitios de aptitud locacional, se siguieron los siguientes pasos:

1. Transformación de los criterios en factores

Una importante etapa de la investigación basada en las técnicas de EMC es la aplicación de procedimientos de transformación de los criterios en factores y restricciones. Los criterios son el paso inicial del proceso de EMC y el punto de referencia para tomar una decisión. La gran cantidad de detalles contenidos en una capa temática ráster obliga a aplicar procedimientos de generalización y de simplificación con el fin de obtener nuevas capas temáticas con menor número de categorías de acuerdo con los objetivos que se persiguen. En este caso, para transformar un criterio en factor se aplica un procedimiento de reclasificación que permite obtener una nueva capa temática, más simplificada, y una capa binaria (con valores temáticos 0-1), con mejores posibilidades de interpretación

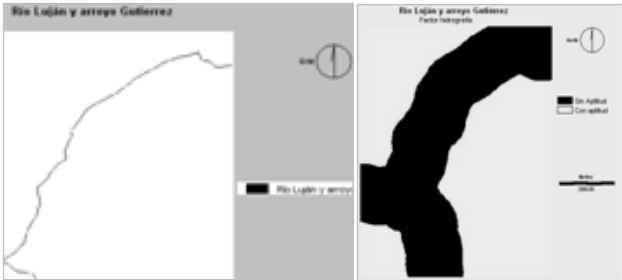
visual. De la selección de criterios que se realice dependerá siempre el resultado final. En líneas generales, se han considerado como criterios determinados grupos poblacionales como umbrales de demanda potencial; servicios educativos (públicos y privados) como distribución de puntos de oferta; redes de caminos y de transporte como elementos de vínculo espacial entre oferta y demanda; y finalmente, restricciones de diversa índole (físicas y legales).

Criterios seleccionados:	
- Radios censales urbanos (localización)	- Recorrido de colectivos (localización)
- Calles (localización)	- Escuelas EPB estatales (localización)
- Hidrografía (localización)	- Escuelas EPB privadas (localización)
- Rutas (localización)	- Población por grupos de edades (atributo)
	- Población con necesidades básicas insatisfechas (NBI) (atributo)
	- Población por tipo de vivienda (atributo)

2. Definición de las condiciones de mayor aptitud, que llevan a la formulación de factores:

- a. **Hidrografía:** corresponde al río Luján y al arroyo Gutiérrez (entidades lineales). Las localizaciones posibles son las que se encuentran a más de 1.000 metros del río.
 - **Factor:** para la reclasificación se considera un *buffer* de 1.000 metros de distancia al río, asignándole valor 1 al área con aptitud, y 0, al área más cercana.

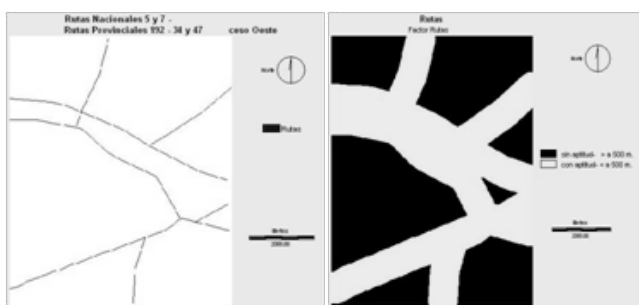
Figura 2. Río Luján y arroyo Gutiérrez. Resultado de la digitalización. Factor hidrografía (derecha)



Fuente: elaboración propia.

- b. **Rutas:** corresponde a las rutas nacionales 5 y 7 y a las provinciales 34, 47 y 192, que atraviesan la ciudad de Luján (entidades lineales). Localizaciones que se encuentran a distancias inferiores a 500 metros de las rutas.
- **Factor:** para la reclasificación se considera un *buffer* de 500 metros de distancia a la ruta, asignándole valor 1 al área con aptitud, y 0, a las áreas más alejadas.

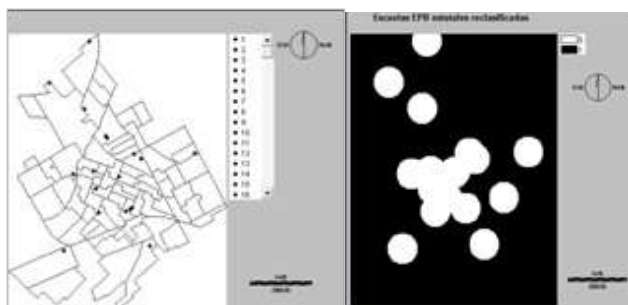
Figura 3. Rutas. Resultado de la digitalización. Factor Rutas



Fuente: elaboración propia.

- c. **Recorrido de las líneas locales del transporte público de pasajeros:** las empresas tienen servicios con una frecuencia cada hora con refuerzos en horarios escolares. Las localizaciones que se encuentran a distancias inferiores a 500 metros de los recorridos son las más aptas.
- **Factor:** para la reclasificación se considera un *buffer* de 500 metros de distancia a los recorridos, asignándole valor 1 al área con aptitud, y 0, a las áreas más alejadas.
- d. **Escuelas EPB estatales:** corresponde a las 16 escuelas primarias estatales (oferta educativa en el 2008 con su distribución espacial). Las localizaciones aptas son aquellas que se encuentran a más de 500 metros de las escuelas ya existentes.
- **Factor:** para la reclasificación se considera un *buffer* de 500 metros de distancia a los recorridos, asignándole valor 1 al área con aptitud, y 0, a las áreas más alejadas.

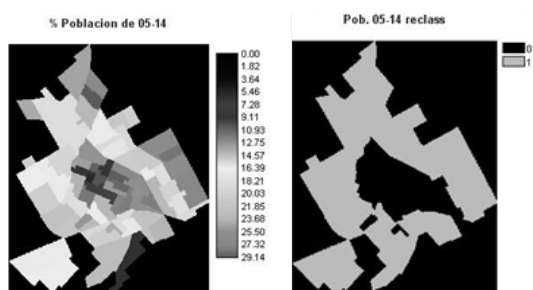
Figura 4. Escuelas EPB estatales. Resultado de la digitalización.
Factor escuelas EPB estatales



Fuente: elaboración propia.

- e. **Escuelas EPB privadas:** igual localización y factor que en las escuelas estatales.
- f. **Población/Demanda potencial:** según la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) a través del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2001, sistematizado digitalmente en la base de datos REDATAM (INDEC, 2006), se calculó la población por grupo de edad para cada radio censal. Con la información alfanumérica de la población en valores absolutos y en porcentajes medidos en cada fracción se elaboraron tablas en IDRISI.

Figura 5. Distribución espacial de la demanda potencial. Factor población de 5 a 14 años



Fuente: elaboración propia.

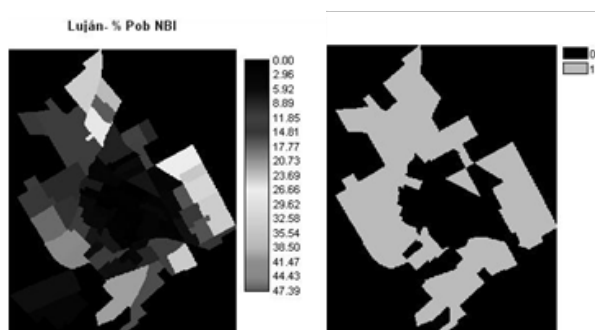
- **Factor:** el procedimiento de reclasificación por agrupamiento de categorías permitió generar el mapa del factor. Para la presente aplicación se considera como potenciales demandantes a la población entre 5 y 14 años. Con la finalidad de determinar las áreas con mayor cantidad de niños en edad escolar se aplicaron *medidas de posición o tendencia central* considerando los porcentajes mínimo y máximo de la tabla: 5% y 30%.
- **Mediana:** 16.34. Para la localización de nuevas escuelas se considera como áreas aptas a las que poseen mayor número de niños en edad escolar, es decir, las que obtienen un porcentaje entre 16% y 30%.

1 = Áreas con aptitud > Porcentaje de niños en edad escolar = 16% al 30%.

0 = Áreas sin aptitud < Porcentaje de niños en edad escolar = 5% al 16%.

- g. **Población con NBI:** se aplicó el mismo procedimiento que para la población.

Figura 6. Población con NBI. Factor población con NBI



Fuente: elaboración propia.

- h. **Población en vivienda tipo A:** se aplicó el mismo procedimiento que para el factor población y el factor población con NBI.

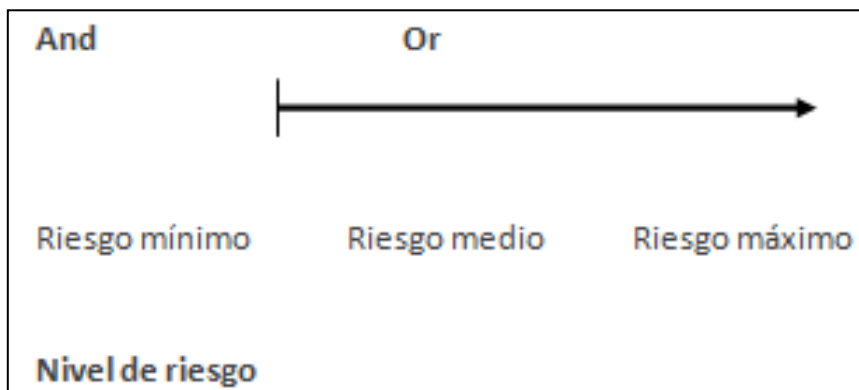
Procedimiento I: definición de sitios candidatos por cálculo de nivel de riesgo mínimo y creciente (tendiente a máximo) por procedimientos de modelado cartográfico.

El modelado cartográfico es un procedimiento metodológico que permite resolver problemas espaciales a partir del análisis y síntesis de datos geográficos, en una secuencia lógica y mediante el uso de las operaciones básicas de un SIG (Tomlin, 1990). Estas operaciones representan la función específica ejecutada por el SIG sobre una determinada capa de entrada. El principal procedimiento metodológico del modelado cartográfico es la superposición temática (*overlay mapping*), una aplicación básica de la tecnología SIG (Tomlin, 1990). El modelado cartográfico resulta ser un procedimiento que presenta aptitud en la búsqueda inicial de sitios candidatos para la localización de servicios. Los procedimientos de reclasificación (*reclass*) y superposición temática en sistema ráster se concretan mediante el uso de operaciones aritméticas. Según P. Haggett (1977), se puede considerar al mapa como un diagrama de Venn y utilizar la lógica de la teoría de conjuntos para la construcción de regiones:

- La *unión* permite agrupar elementos de los conjuntos.
- La *intersección* permite determinar los elementos en común que comparten los conjuntos. Esta línea de análisis permitiría determinar el grado de correspondencia espacial.

La decisión locacional en Geografía a través de los SIG se mueve en un eje de nivel de riesgo entre And y Or, donde And (Y) indica el riesgo mínimo, y Or (O), el riesgo máximo, al momento de seleccionar un sitio de localización. Entre ambos se encuentra una amplia faja que representa el riesgo medio. El riesgo mínimo se logra a través de la intersección geométrica o multiplicación de matrices cuando cada factor fue definido como criterio booleano con las categorías 0 (sin aptitud) y 1 (con aptitud), obteniendo como resultado las mejores características de cada factor. El creciente nivel de riesgo se logra a través de la unión geométrica o suma de matrices. Dentro de la variedad de soluciones posibles desde And a Or, dirigiéndonos hacia Or se amplía el tamaño del área resultante con mayores posibilidades locacionales, pero también con un aumento de la incertidumbre en la decisión locacional final.

Figura 7. Eje del nivel de riesgo



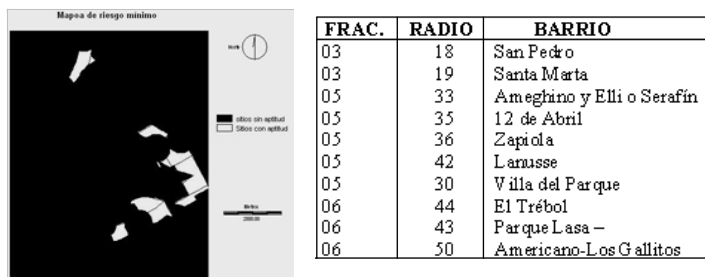
Fuente: elaboración propia.

La toma de decisiones locacionales y espaciales se basa en la flexibilidad para moverse y cambiar de posición en el eje de nivel de riesgo. Para ello, se aplica el método booleano por multiplicación en And y el método booleano por suma entre And y Or.

Método booleano en And: nivel de riesgo mínimo

Una posible solución para obtener sitios candidatos con aptitud para la localización de nuevos establecimientos educativos es a partir del método booleano en And. Para ello, se utilizan todos los factores y la intersección booleana por multiplicación con posterioridad a haber definido los factores con clases 0 y 1. Luego se reclasifica el mapa de resultados y se superpone al mapa de la ciudad de Luján con los 72 radios censales, a fin de asignar espacialmente los resultados al área de estudio.

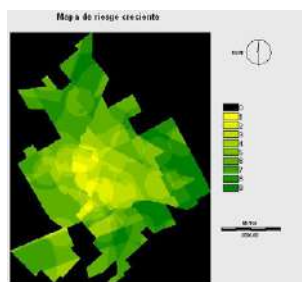
La estandarización con lógica booleana y la multiplicación de matrices (And) muestra un resultado único y preciso de los sitios con mayor aptitud, pues allí coinciden las mejores aptitudes de cada factor. Como resultado de la estandarización con lógica booleana y la multiplicación de matrices se obtiene un mapa de riesgo mínimo que define sitios candidatos en distintas fracciones, radios censales y barrios.

Figura 8. Sitios candidatos de riesgo mínimo (multiplicación de factores)

Fuente: elaboración propia.

Definición de sitios candidatos por cálculo de nivel de riesgo creciente (aptitud escalonada) por procedimiento del modelado cartográfico

Otra posible solución a la obtención de sitios urbanos con aptitud para la localización de nuevos establecimientos educativos en la ciudad de Luján es aplicar el método booleano entre And y Or. La intersección booleana a partir de la suma de matrices mediante la calculadora geográfica permite obtener una aptitud escalonada y progresiva en riesgo de tomar una decisión locacional. Amplía la superficie de elección locacional al mismo tiempo que amplía la posibilidad de tomar una decisión incorrecta, es decir, mayor es la incertidumbre y el riesgo locacional que se corre en la decisión final.

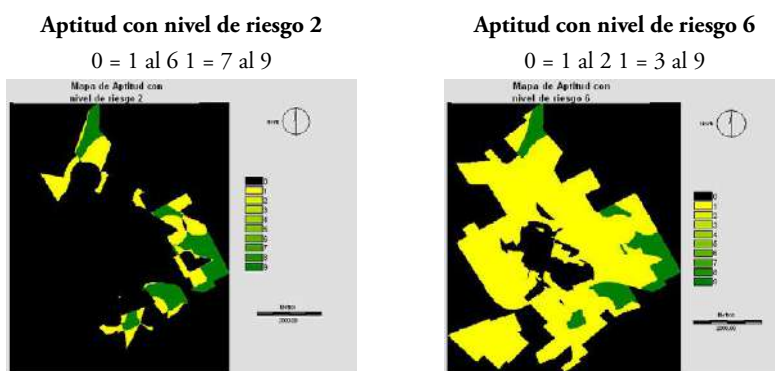
Figura 9. Sitios candidatos de riesgo creciente

Fuente: elaboración propia.

Aptitud escalonada y progresiva de riesgo

A partir del mapa con la suma de factores y su reclasificación se obtienen 9 posibilidades de riesgo que van desde el riesgo mínimo hacia el máximo con un aumento constante del área geográfica afectada. Cuanto mayores son las posibilidades geográficas de elección, mayores son los riesgos de realizar una elección incorrecta.

Figura 10



Fuente: elaboración propia.

Con nivel de riesgo 7, prácticamente toda el área de la ciudad de Luján pasa a ser apta para la localización de establecimientos educativos. Dentro de la variedad de soluciones posibles entre And y Or, el nivel de riesgo 7 está ubicado cerca de Or, presentando la máxima amplitud y también la mayor incertidumbre en la decisión locacional final.

Procedimiento II: método de Combinación Lineal Ponderada (en inglés *Weighted Linear Combination –WLC–*)

El método WLC es otro de los procedimientos metodológicos de las técnicas de EMC para la obtención de sitios urbanos con aptitud para la localización de nuevos servicios. La decisión locacional en Geografía a través de los SIG se mueve en una zona que puede ser graficada como un *triángulo de decisiones estratégicas*.

Distintas técnicas permiten moverse en el interior del triángulo buscando una decisión locacional y espacial entre el nivel de riesgo y el nivel de compensación. El triángulo se encuentra dentro de un espacio de propiedades formado por dos ejes ortogonales XY: en el eje de la X, como se vio en el procedimiento I, se localiza el nivel de riesgo en la decisión locacional. En el eje de la Y se halla el nivel de compensación considerando los valores de ponderación o de importancia de los factores.

Figura 11

WLC Nivel de compensaciones Bool (X) Bool (+) Nivel de riesgo	La Combinación Lineal Ponderada lleva la solución al extremo superior del triángulo con nivel de riesgo medio y la máxima compensación entre factores. Como paso previo a la aplicación del método, es necesario generar una estandarización continua y difusa de cada uno de los factores.
--	---

Fuente: Buzai y Baxendale (2006: 128).

La estandarización continua FUZZI (de límites difusos) es considerada el paso inicial para la aplicación de la EMC. Los procedimientos técnicos del método de Combinación Lineal Ponderada son:

- Calcular el promedio de todos los Fuzzi para obtener un mapa de riesgo medio con la máxima compensación entre los factores.
- Aplicar la ponderación de factores por *ranking* recíproco con el fin de lograr resultados óptimos.

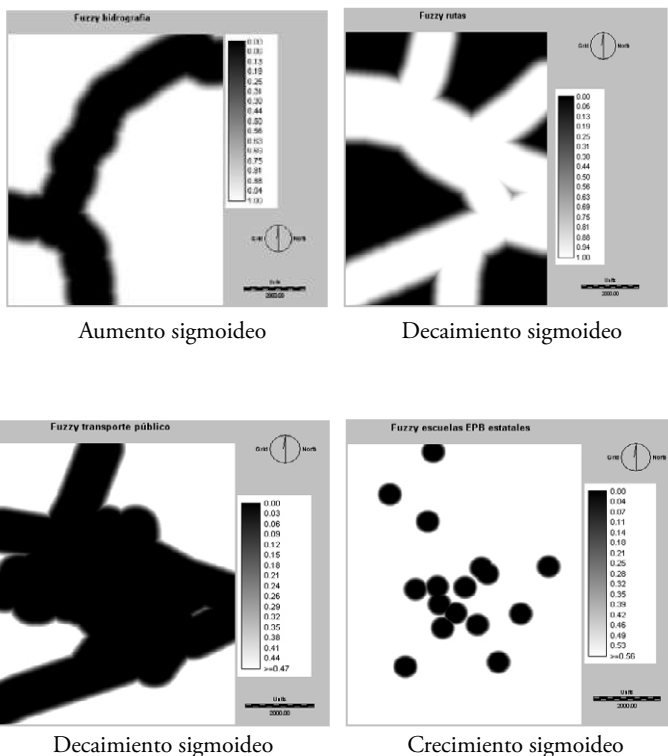
Estandarización continua y difusa (Fuzzy) de cada factor

La estandarización continua de factores con Fuzzy con iguales intervalos de aptitud permite obtener mapas comparables. Para la estandarización es necesario partir de los mapas de distancias hacia entidades lineales, como hidrografía o rutas; hacia entidades puntuales, como las escuelas; y mapas de atributos de criterios, como la distribución espacial de la población como demanda potencial.

Cuando se formula un factor de acuerdo a la lógica booleana, se considera una distancia fija que determina un *buffer* con un área de aptitud y otra sin aptitud.

Con la aplicación Fuzzy se consideran valores de re-escalonamiento con variaciones de aptitud y límites difusos a partir de diferentes grados de pertenencia dentro del sistema clasificatorio. Para definir la estandarización Fuzzy es necesario contar con un buen conocimiento acerca del comportamiento de cada variable en cuanto a su alcance espacial; este conocimiento permite elegir entre las funciones la que mejor la representa. Las funciones de crecimiento con la distancia más comunes son las lineales, las exponenciales y las sigmoideas. Para este artículo se muestra solo la estandarización Fuzzy de algunos factores.

Figura 12. Mapas de factor Fuzzy



Fuente: elaboración propia.

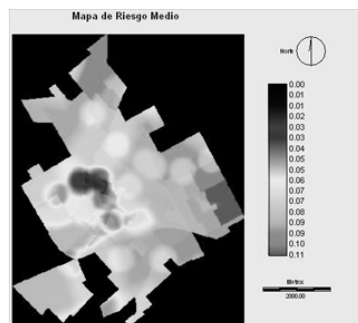
Aplicación del método de Combinación Lineal Ponderada

Solución 1: mapa de riesgo medio

Una vez aplicada la estandarización continua Fuzzy se proporciona a cada uno de los factores un valor de ponderación de acuerdo a la importancia relativa que cada uno de ellos tiene en el conjunto total. Si a cada factor se le otorga un peso o importancia similar, se obtiene un mapa de riesgo medio que, en términos de riesgo en la decisión, presenta un resultado que se encuentra en el punto medio del continuo And-Or, pero que ofrece mayor flexibilidad que en el caso booleano. El procedimiento técnico consiste en calcular el promedio de todos los factores Fuzzy. Este procedimiento se puede realizar directamente con la calculadora geográfica de IDRISI.

Factor	Ranking r	1/R	1/R/Sum 1/r
Fuzzy población de 5 a 14 años	1	1.00	0.11
Fuzzy población con NBI	1	1.00	0.11
Fuzzy recorridos transporte público de pasajeros	1	1.00	0.11
Fuzzy rutas	1	1.00	0.11
Fuzzy escuelas EPB estatales	1	1.00	0.11
Fuzzy escuelas EPB privadas	1	1.00	0.11
Fuzzy hidrografía	1	1.00	0.11
Fuzzy viviendas tipo A	1	1.00	0.11
Fuzzy viviendas tipo rancho	1	1.00	0.11
		9.00	1.00
		Promedio	0.11

Figura 13. Mapa de riesgo medio



Fuente: elaboración propia.

En términos de riesgo en la decisión, el mapa de riesgo medio presenta un resultado que se encuentra en el punto medio, pero ofreciendo mayor flexibilidad que en el caso booleano por la incorporación de niveles de compensación entre los factores. Puede considerarse la existencia de una amplia zona favorable que incluye toda la periferia de la ciudad de Luján, exceptuando los barrios del centro, del oeste y parte de un barrio del sur. La periferia de la ciudad de Luján se presenta como la zona con mayor peso relativo para la decisión locacional, pues allí habita la mayor cantidad de niños en edad escolar (población de 5 a 14 años) y la mayor cantidad de personas en situación de pobreza (población con NBI).

En el mapa aparecen con valores cercanos al 0.11 los radios censales que se corresponden con los barrios Villa del Parque (presenta el valor más alto), San Pedro, Parque Lasa, Ameghino, Zapiola y Serafín o Elli. En el mapa de riesgo medio, los radios censales 0542, 0318, 0643, 0535 y 0533, que corresponden a los barrios Villa del Parque, San Pedro, Parque Lasa, Ameghino, Zapiola y Serafín o Elli, aparecen con los valores más altos. Estas áreas tienen problemas habitacionales (predominio de viviendas tipo B y casillas), la mayoría de sus calles están sin pavimentar y no cuentan con agua de red ni cloacas (los desagües son a pozos ciegos y cámaras sépticas). La recolección de residuos es poco frecuente y las líneas locales de transporte público de pasajeros tienen un servicio deficiente por estos barrios.

Solución 2: mapa de aptitud

Otra posible solución espacial para la ampliación del servicio educativo aplicando el método de Combinación Lineal Ponderada es la ponderación de factores por *ranking* recíproco (Malczewski, 1999). La determinación de jerarquías y de pesos entre los factores es parte de la regla de decisión. Esta técnica permite determinar la importancia relativa de cada uno de los factores con el fin de obtener resultados óptimos visualizados, en este caso, en los mapas de aptitud. Este procedimiento, en términos de riesgo en la decisión, presenta un resultado que se encuentra en el punto medio del continuo And-Or, y agrega una nueva dimensión al análisis, el nivel de compensación total entre los factores disminuyendo el nivel de contradicciones al incorporar importancias relativas y diferentes grados de aptitud.

En este trabajo, al aplicar la ponderación se le otorga mayor peso a los siguientes factores:

- Población de 5 a 14 años como demanda potencial.
- Población con NBI.
- Recorridos de las líneas locales del transporte público de pasajeros.
- Rutas.

Se considera que la población más carenciada es la que tiene mayor cantidad de niños en edad escolar, y es también la que tiene mayores dificultades para llegar hasta las escuelas. Por esa razón, en tercer lugar se consideran como factor de accesibilidad los recorridos de las líneas locales del transporte público de pasajeros, como los medios de transporte más económicos para llegar hasta las escuelas. En cuarto lugar se consideran las rutas, que son también un importante factor de accesibilidad. La ponderación de factores por *ranking* recíproco permite otorgarle a cada factor un peso de proporción tal que, sumados todos los pesos, dé como resultado el valor 1, que representa una importancia total en un 100%.

Proceso de *ranking* recíproco

Aptitud 1

Factor	Ranking r	1/R	1/R/Sum 1/r
Fuzzy población de 5 a 14 años	1	1.00	0.35
Fuzzy población con NBI	2	0.50	0.18
Fuzzy recorridos transporte público de pasajeros	3	0.33	0.12
Fuzzy rutas	4	0.25	0.09
Fuzzy escuelas EPB estatales	5	0.20	0.07
Fuzzy escuelas EPB privadas	6	0.17	0.06
Fuzzy hidrografía	7	0.14	0.05
Fuzzy viviendas tipo A	8	0.13	0.04
Fuzzy viviendas tipo rancho	9	0.11	0.04
		2.83	1.00

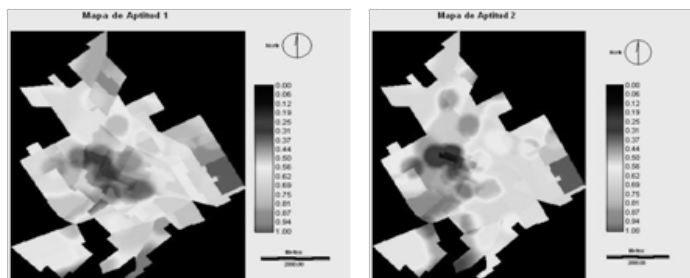
Aptitud 2

Factor	Ranking r	1/R	1/R/Sum 1/r
Fuzzy población de 5 a 14 años	9	0.11	0.04
Fuzzy población con NBI	8	0.13	0.04
Fuzzy recorridos transporte público de pasajeros	7	0.14	0.05
Fuzzy rutas	6	0.17	0.06
Fuzzy escuelas EPB estatales	5	0.20	0.07
Fuzzy escuelas EPB privadas	4	0.25	0.09
Fuzzy hidrografía	3	0.33	0.12
Fuzzy viviendas tipo A	2	0.50	0.18
Fuzzy viviendas tipo Rancho	1	1.00	0.35
		2.83	1.00

La suma de las ponderaciones es igual a 1 y las proporciones de ponderación corresponden a la importancia relativa que se le asigna a cada factor en el marco de su resolución. Por ejemplo, en Aptitud 1, el Factor 1 (población de 5 a 14 años) tiene un peso casi dos veces superior al Factor 2 (población con NBI), y casi tres veces superior al Factor 3 (recorridos de las líneas locales del transporte público de pasajeros). Cada píxel que representa el espacio geográfico asume un valor de aptitud.

Las configuraciones espaciales son visualizadas en los mapas de aptitud que muestran una amplia área periférica de la ciudad de Luján como apta para la localización de nuevos establecimientos educativos EPB, excluyendo toda el área central urbana. Los mapas muestran como aptas tres áreas bien delimitadas:

- Un sector norte que corresponde a los barrios San Pedro y San Jorge, con los valores más altos, y los barrios Santa Marta y San Fermín.
- Un sector muy amplio al este-sudeste donde se destacan los barrios Villa del Parque y Zapiola, con los mayores valores de aptitud, seguidos por los barrios Ameghino y Serafín.
- Un sector sur que incluye a los barrios Parque Lasa, El Trébol y Los Gallitos.

Figura 14. Mapas de aptitud 1 y 2

Fuente: elaboración propia.

Restricciones

Con el fin de minimizar el riesgo de elegir un sitio inadecuado es conveniente trabajar con mapas de restricciones al aplicar técnicas de EMC con tecnología SIG. En el presente trabajo se considera como mapa de restricciones al mapa de usos del suelo. Para realizar el mapa de usos del suelo se tomó como referencia el “Plan regulador para el partido de Luján” aprobado por las Ordenanzas N.º 1.045 y N.º 1.046 del año 1974, y sus modificaciones, las Ordenanzas N.º 1.444 y N.º 1.454 del año 1980, que definen las diferentes áreas de la ciudad de Luján. El nuevo Código de Ordenamiento Urbano no había entrado en vigencia en 2008 cuando se hizo el trabajo. Por lo tanto, el Código de Ordenamiento Urbano de la ciudad de Luján de 1980 aún se tomaba como instrumento legal de tipo urbanístico y administrativo.

El partido de Luján se divide en tres áreas: urbana, rural y complementaria. No todos los usos del suelo son áreas aptas para la instalación de nuevos establecimientos escolares. En las zonas de reservas (UR) y en los distritos de esparcimiento y recreación (UE) no se pueden establecer escuelas. Por lo tanto, a partir de los usos del suelo se puede realizar una reclasificación.

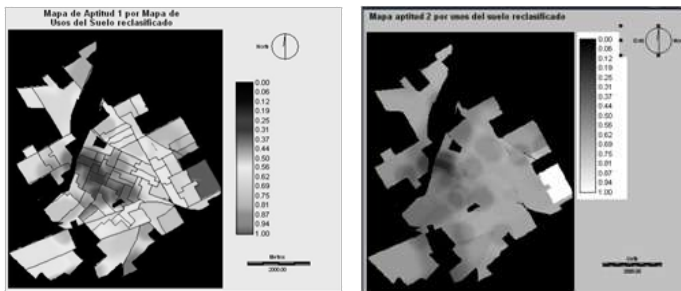
Reclasificación booleana

1 = Áreas con aptitud - UC1 - UR1 - R2a UR3a - UR2b- URM - UR4 - UR5 - ACAI - UR3b

0 = Áreas sin aptitud - UR - UE

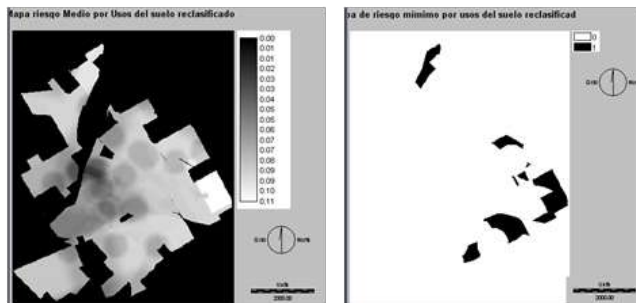
El mapa de usos del suelo reclasificado es utilizado como mapa de restricciones. Para obtener un mapa con sitios candidatos es necesario utilizar la calculadora geográfica de IDRISI. Se suman los Fuzzy de cada factor con su nivel de compensación o directamente se multiplica el mapa de aptitud 1 por el mapa de restricciones reclasificado. Luego se realiza la misma operación con el mapa de aptitud 2, el mapa de riesgo medio y el mapa de riesgo mínimo. De esta manera se obtienen con más precisión sitios aptos para la ampliación de servicios educativos EPB en la ciudad de Luján.

Figura 15. Mapa de aptitud 1 por mapa de usos del suelo reclasificado y mapa de aptitud 2 por mapa de usos del suelo reclasificado



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Mapa de riesgo medio por mapa de usos del suelo reclasificado y mapa de riesgo mínimo por mapa de usos del suelo reclasificado



Fuente: elaboración propia.

Al no considerar como aptas para localizar escuelas las zonas de reservas (UR) y los distritos de esparcimiento y recreación (UE), se obtuvieron mapas con algunos cambios en cuanto a los resultados ya analizados. En el mapa de riesgo mínimo por el mapa de usos del suelo reclasificado se obtuvo un resultado que no difiere del mapa de riesgo mínimo. Se visualizan las cinco áreas candidatas, de escasa superficie y bien definidas para la ampliación del servicio educativo primario. El barrio Villa del Parque, al igual que Zapiola, se halla en un área residencial mixta (URM); el barrio San Pedro, al norte, es un área residencial (UR4); y los barrios Parque Lasa, Trébol y Los Gallitos se hallan en un área industrial (UI). Todas son zonas satisfactorias para la ampliación de los servicios educativos.

En el mapa de riesgo medio aparecen con valores altos los radios censales que se corresponden con los barrios Villa del Parque, San Pedro, Parque Lasa, Ameghino, Zapiola y Serafín. Al considerar las restricciones, surgen algunos cambios: los barrios Santa Marta, San Jorge y San Fermín se hallan en áreas de esparcimiento (UE), donde no se pueden localizar escuelas. Lo mismo sucede con una parte del barrio Ameghino, cuyo uso del suelo es UE. Los mapas de aptitud por mapa de usos del suelo reclasificado muestran como favorables para la instalación de escuelas EPB las tres áreas ya mencionadas. Al considerar las restricciones, en el sector norte el barrio San Jorge se encuentra en un área de esparcimiento (UE), donde no se pueden localizar escuelas. Lo mismo sucede con los barrios Santa Marta y San Fermín. En el sector este-sudeste, una parte del barrio Ameghino se halla en un área de esparcimiento (UE).

Consideraciones finales

El objetivo propuesto fue alcanzado a partir de la aplicación de una metodología de análisis espacial, sobre una estructura de bases de datos ráster, en un SIG, y teniendo como ciencia base a la Geografía. Cuando se trabaja con SIG en la asignación de usos del suelo en un territorio es fundamental tomar como base a la Geografía como ciencia que estudia la diferenciación de espacios sobre la superficie terrestre, pero también en cuanto a sus posibilidades de proyección futura como ciencia que puede modelar las pautas de distribución espacial.

Para resolver las cuestiones espaciales se hizo necesario, mediante lo que se denomina un proceso de “verticalización”, integrar al SIG otras técnicas y propuestas metodológicas, como los procedimientos de EMC, fundamentales a la hora de tomar decisiones espaciales. De esta forma quedó demostrado

que la relación entre SIG y procedimientos de EMC resulta ser una poderosa herramienta para la ordenación territorial y para la localización óptima de actividades humanas.

El propósito del trabajo fue presentar propuestas locacionales educativas (servicios deseables) como una manera de minimizar las injusticias y mejorar la calidad de vida de la población. En todos los casos se obtuvieron resultados similares que muestran como favorables para la instalación de escuelas EPB tres áreas bien definidas:

La prioridad 1 de localización: al este-sudeste. Allí aparece con valores muy altos en todos los mapas el radio censal 0542, que se corresponde con el barrio Villa del Parque. También son aptos los barrios cercanos como Zapiola, Ameghino y Serafín o Elli. Esta zona se presenta como la más favorecida. Son muchas las carencias de infraestructura y de accesibilidad para la demanda potencial con la que cuenta. Además se halla alejada de las escuelas existentes.

Zona	Fracción	Radio	Barrio	Población de 5 a 14 años (%)	Población con NBI (%)	Población en vivienda tipo A (%)	Población en vivienda tipo rancho (%)
Este-sudeste	05	42	Villa del Parque	27.15	24.46	46.96	7.33
	05	35	Zapiola - Ameghino	20.18	13.47	50.56	0.10
	05	34	Ameghino	28.08	34.80	22.65	0.97
	05	33	Ameghino - Serafín o Elli	25.64	26.79	26.87	1.32

La prioridad 2 de localización: al norte. Allí aparece, con valores altos en todos los mapas, el radio censal 0320, que se corresponde con el barrio San Pedro. Esta zona de la ciudad de Luján es la que presenta las mayores carencias (radios censales con los valores más altos de NBI y de viviendas tipo rancho). También allí habita el mayor porcentaje de población de 5 a 14 años. A pesar de todo, el barrio San Pedro aparece como segunda prioridad, pues tiene una escuela en las cercanías.

Sector	Fracción	Radio	Barrio	Población de 5 a 14 años (%)	Población con NBI (%)	Población en vivienda tipo A (%)	Población en vivienda tipo rancho (%)
Norte	03	18	San Pedro	26.29	37.42	35.42	2.08
	03	19	Santa Marta	29.14	47.39	65.83	0.28
	03	20	San Jorge	18.48	12.59	67.69	0.46
	03	21	San Fermín	23.26	26.27	42.72	1.94

La prioridad 3 de localización: al sur. Se destacan por sus valores los radios censales 0643, 0644 y 0650, que se corresponden con los barrios Parque Lasa, El Trébol y Los Gallitos. En esta escala de prioridades, el sector sur es el menos apto de los tres, pero con la necesidad de contar con escuelas en sus barrios. El porcentaje de población de 5 a 14 años, en general, es de alrededor del 20%.

Las condiciones socioeconómicas y habitacionales son adecuadas en barrios como El Trébol y poco adecuadas en barrios como Parque Lasa. Esta zona no cuenta con agua de red, ni con cloacas y otros servicios públicos.

El servicio de transporte público de pasajeros es deficiente y la única escuela cercana es la N.º 10, “Reverendo Padre Jorge María Salvaire”, en el barrio Los Gallitos.

Sector	Fracción	Radio	Barrio	Población de 5 a 14 años (%)	Población con NBI (%)	Población en vivienda tipo A (%)	Población en vivienda tipo rancho (%)
Sur	06	43	Parque Lasa	23.57	24.29	44.21	1.05
	06	50	Los Gallitos	22.71	21.49	37.16	0.68
	06	44	El Trébol	22.01	11.94	64.08	0.70

En la resolución de la problemática, aparece con claridad que la periferia de la ciudad de Luján es la zona que presenta el mayor peso relativo para la decisión locacional. Son áreas prioritarias para la intervención y la gestión.

Como se puede apreciar a través de esta línea de investigación, el logro de la localización óptima para las actividades humanas sobre el territorio es una tarea de gran importancia que tiene como finalidad mejorar la calidad de vida de la población. La planificación territorial de servicios colectivos está destinada a satisfacer necesidades de la población y se transforma en un importante instrumento de desarrollo.

Las actividades económicas y el bienestar social mejoran cuando existe un sistema de servicios adecuadamente ubicado. En la ciudad de Luján es necesario ampliar la oferta existente de escuelas EPB y mejorar la distribución espacial de las mismas, garantizando un acceso igualitario por parte de la población a los servicios que brinda el Estado y haciendo más efectiva una educación de calidad para todos.

Bibliografía

- Baxendale, C. A. (2000) "Geografía y planificación urbana: una reflexión sobre sus enfoques e interrelaciones en las últimas décadas del siglo xx". En *Reflexiones Geográficas*, N.º 9, pp. 58-70.
- Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (1994) *Prácticas de análisis exploratorio y multivariante de datos*. Barcelona, Oikos-tau.
- Bosque Sendra, J.; Gómez Delgado, M.; Moreno Jiménez, A. y Dal Pozzo, F. (2000) *Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos*. Estudios Geográficos.
- Buzai, G. D. (1999) *Geografía global*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Buzai, G. D. (dir.) (2001) *Atlas digital de Luján*. Luján, Universidad Nacional de Luján. CD-ROM.
- Buzai, G. D. (2003) *Mapas sociales urbanos*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Buzai, G. D. (2008) *Sistema de Información geográfica (SIG) y cartografía temática*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2002) "La construcción de regiones mediante técnicas geográficas cuantitativas". En revista *Gerencia ambiental*, Año 9, N.º 85, pp. 276-280 y 282.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2006) *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires, Lugar Editorial.

- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2008) "Clasificación de unidades espaciales mediante el uso de indicadores de planificación. Dos aplicaciones en la ciudad de Luján en variables educativas". En *Serie publicaciones del PROEG*, N.º 6, Departamento de Ciencias Sociales, UNLU.
- Buzai, G. D.; de la Cuétara, O. J. y Baxendale, C. A. (1997) "El hecho geográfico como unidad de tratamiento matricial. Su revalorización y actuales perspectivas de aplicación en Geoinformática". VI Encuentro de Geógrafos de América Latina. Buenos Aires. CD-ROM.
- Clark, C. (1951) "Urban Population Densities". En *Journal of the Royal Statistical Society*. Serie A, Vol. 114, pp. 490-496.
- Díaz Muñoz, M. A. (1990) *Diferenciación socioespacial en la ciudad de Alcalá de Henares*. Colección Aula Abierta, N.º 6. Universidad de Alcalá de Henares.
- Eastman, J. R. (2007) "La verticalización de los Sistemas de Información Geográfica". Memorias de la XI Conferencia Iberoamericana de Sistema de Información Geográfica. Luján, SIBSIG-UNLU, pp. 183-195.
- Fitz, P. y Hasenack, H. (2007) "O processo de tomada de decisao e os Sistemas de Informacao Geográfica". Memorias de la XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica. Luján, SIBSIG-UNLU, pp. 77-94.
- Gómez Delgado, M. y Barredo Cano, J. I. (2006) *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. México, Alfaomega-Ra-Ma.
- Hasenack, H. y Weber, E. (1998) "Geoprocesamiento como herramienta de evaluación". En Matteucci, S. D. y Buzai, G. D. (eds.) *Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial*. Buenos Aires, EUDEBA, pp. 425-434.
- Haggett, P. (1977) *El análisis locacional en la Geografía humana*. Barcelona, Gustavo Gili.
- INDEC (2006) Censo Nacional de Población, Vivienda y Hogares 2001. Base de datos en Sistema REDATAM. Buenos Aires. CD-ROM.
- Moreno Jiménez, A. (2001) *Geomarketing con Sistemas de Información Geográfica*. Departamento de Geografía UAM y Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección. Madrid, AGE.

- Moreno Jiménez, A. (2007) "Justicia y eficiencia espacial como principios para la planificación: aplicación en la provisión de servicios colectivos con sig". Memorias de la XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica. Luján, SIBSIG-UNLU, pp. 197-230.
- Moreno Jiménez, A. y Bosque Sendra, J. (2004) *Sistemas de Información Geográfica y localización* óptima de equipamientos. Madrid, Ra-Ma.
- Moreno Jiménez, A. y Buzai, G. D. (2008) *Análisis y planificación de servicios colectivos con Sistemas de Información Geográfica*. Madrid.
- Tomlin, C. D. (1990) *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Nueva Jersey, Prentice Hall.
- Vapñarsky, C. A. (1990) *El crecimiento urbano en Argentina*. Buenos Aires, Grupo Editor Latinoamericano.

2. Regionalización sociohabitacional de la provincia de Buenos Aires

Aplicación de técnicas de estadística espacial con Sistemas de Información Geográfica

*Luis M. Humacata*¹

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad realizar un análisis de la situación sociohabitacional de la población de los partidos de la provincia de Buenos Aires en el año 2001. Se intenta brindar un amplio panorama de cuestiones sociohabitacionales utilizando información del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (INDEC, 2001). En este sentido se seleccionaron 32 variables que abordan aspectos demográficos, de pobreza, educacionales, de habitación, del régimen de tenencia de la vivienda, del tipo de vivienda y de la infraestructura de servicios. Para ello, se propone aplicar una amplia variedad de técnicas para el tratamiento de los datos socioespaciales utilizando Sistemas de Información Geográfica, entre ellas, la regionalización sociohabitacional aplicando el Análisis Linkage. Como resultado se obtendrá un modelo sociohabitacional que ponga en evidencia las heterogeneidades espaciales internas del área de estudio.

Introducción

La Geografía, considerada como ciencia de la organización espacial, permite, mediante un tratamiento exhaustivo de la información, generar como resul-

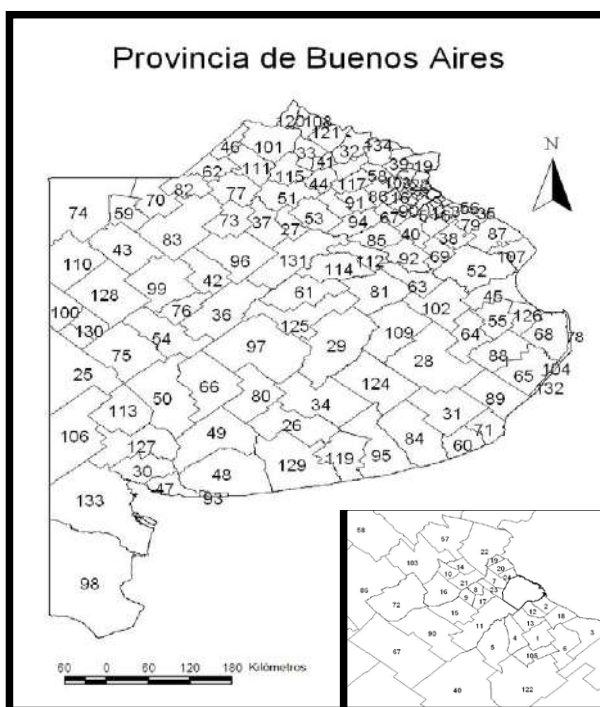
¹ Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional de Luján. E-mail: luishumacata@hotmail.com.

tado modelos de la realidad territorial. Esto implica, desde un punto de vista conceptual, seleccionar las variables que se van a considerar relevantes para la construcción de esos modelos, los cuales, en última instancia, tienen como finalidad representar la realidad de una manera simplificada que permita una mejor comprensión de la realidad territorial objeto de estudio.

Realizar un estudio geográfico referido a la provincia de Buenos Aires, con la finalidad de regionalizar el área de estudio, nos lleva a seleccionar las unidades espaciales de análisis adecuadas, las cuales nos permitirán, mediante la aplicación de técnicas de estadística espacial, subdividir el espacio geográfico según la combinación en los valores medidos en las variables consideradas. Llegar a una regionalización como modelo territorial, que ponga en evidencia las heterogeneidades espaciales, con fines de planificación, nos lleva a tomar como unidades espaciales a los 134 partidos que componían la provincia en el año 2001 (Figura 1): 1. Almirante Brown; 2. Avellaneda; 3. Berazategui; 4. Esteban Echeverría; 5. Ezeiza; 6. Florencio Varela; 7. Gral. San Martín; 8. Hurlingham; 9. Ituzaingó; 10. José C. Paz; 11. La Matanza; 12. Lanús; 13. Lomas de Zamora; 14. Malvinas Argentinas; 15. Merlo; 16. Moreno; 17. Morón; 18. Quilmes; 19. San Fernando; 20. San Isidro; 21. San Miguel; 22. Tigre; 23. Tres de Febrero; 24. Vicente López; 25. Adolfo Alsina; 26. Adolfo González Chávez; 27. Arrecifes; 28. Alberti; 29. Ayacucho; 30. Azul; 31. Bahía Blanca; 32. Balcarce; 33. Baradero; 34. Benito Juárez; 35. Berisso; 36. Bolívar; 37. Bragado; 38. Brandsen; 39. Campana; 40. Cañuelas; 41. Capitán Sarmiento; 42. Carlos Casares; 43. Carlos Tejedor; 44. Carmen de Areco; 45. Castelli; 46. Colón; 47. Coronel Rosales; 48. Coronel Dorrego; 49. Coronel Pringles; 50. Coronel Suárez; 51. Chacabuco; 52. Chascomús; 53. Chivilcoy; 54. Daireaux; 55. Dolores; 56. Ensenada; 57. Escobar; 58. Exaltación de la Cruz; 59. Florentino Ameghino; 60. Gral. Alvarado; 61. Gral. Alvear; 62. Gral. Arenales; 63. Gral. Belgrano; 64. Gral. Guido; 65. Gral. Madariaga; 66. Gral. La Madrid; 67. Gral. Las Heras; 68. Gral. Lavalle; 69. Gral. Paz; 70. Gral. Pinto; 71. Gral. Pueyrredón; 72. Gral. Rodríguez; 73. Gral. Viamonte; 74. Gral. Villegas; 75. Guaminí; 76. Hipólito Irigoyen; 77. Junín; 78. La Costa; 79. La Plata; 80. Laprida; 81. Las Flores; 82. Leandro N. Alem; 83. Lincoln; 84. Lobería; 85. Lobos; 86. Luján; 87. Magdalena; 88. Maipú; 89. Mar Chiquita; 90. Marcos Paz; 91. Mercedes; 92. Monte; 93. Monte Hermoso; 94. Navarro; 95. Necochea; 96. 9 de Julio; 97. Olavarría; 98. Patagones; 99. Pehuajó; 100. Pellegrini; 101. Pergamino; 102. Pila; 103. Pilar; 104. Pinamar; 105. Presidente Perón; 106. Puán; 107. Punta Indio; 108. Ramallo; 109. Rauch; 110. Rivadavia; 111. Rojas;

112. Roque Pérez; 113. Saavedra; 114. Saladillo; 115. Salto; 116. Salliqueló;
117. San Andrés de Giles; 118. San Antonio de Areco; 119. San Cayetano;
120. San Nicolás; 121. San Pedro; 122. San Vicente; 123. Suipacha; 124.
Tandil; 125. Tapalqué; 126. Tordillo; 127. Tornquist; 128. Trenque Lauquen;
129. Tres Arroyos; 130. Tres Lomas; 131. 25 de Mayo; 132. Villa Gesell; 133.
Villarino; 134. Zárate.

Figura 1. Partidos de la provincia de Buenos Aires, año 2001.



Fuente: elaboración propia.

De este modo se considera a estas unidades espaciales como un mosaico espacial con límites bien definidos, y las mediciones de características sociales, demográficas, económicas, habitacionales, etc., realizadas en cada unidad, consideran implícitamente que los datos obtenidos se distribuyen en forma homogénea en su interior, es decir que estas unidades de análisis nos permitirán captar a la provincia como un mosaico de realidades diferenciadas.

En el ordenamiento territorial, como una función llevada a cabo por organismos públicos, se considera que es adecuado definir las regiones geográficas a partir de unidades territoriales institucionalizadas, donde sea posible aplicar medidas para reducir las disparidades encontradas. Si consideramos a la región geográfica como un conjunto de partidos con características homogéneas, nuestro estudio contribuye a propiciar el establecimiento de estrategias de intervención diferenciales de acuerdo a las particularidades de cada región.

Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Con la finalidad de determinar áreas homogéneas, como aproximación a procedimientos de regionalización por análisis multivariado, se hace imprescindible considerar como central al espacio geográfico, ya que “este brindará los aspectos espacializados que proporcionarán las problemáticas a ser analizadas y, al mismo tiempo, la base empírica de toda investigación aplicada” (Buzai, 2010). Por lo que esto nos lleva a considerar un nivel de anclaje en el análisis, lo que implica focalizarnos en algunos de los conceptos fundamentales de naturaleza espacial, como los de localización, distribución, asociación, interacción y evolución espacial, dependiendo de los objetivos de la investigación.

La aplicación de la metodología del análisis espacial cuantitativo nos permite la definición de espacios geográficos a partir de la combinación de varios temas o variables consideradas. Centrándonos en el tratamiento cuantitativo de los datos, la intención es clasificar valores de atributos que solo adquieren sentido mediante su cartografía y el análisis de la distribución espacial de los resultados obtenidos.

Por ello, se prestará mayor atención al momento del análisis de las distribuciones y asociaciones espaciales de variables socioeconómicas, demográficas y habitacionales medidas en la población, y destacando la importancia que la componente espacial ejerce en los patrones de distribución. El análisis socioespacial en el entorno de los SIG se constituye en el núcleo de esta tecnología (sinónimo de su subsistema de tratamiento), ya que “es el que posibilita trabajar con las relaciones espaciales de las entidades contenidas en cada capa temática de la base de datos geográfica” (Buzai, 2010).

Los estudios geográficos mediante tecnologías digitales, como los SIG y los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE), permiten poner su atención

en la organización espacial, realizando un importante apoyo en las actividades de planificación y gestión territorial, con el fin de conseguir mayor eficiencia en sus funciones y llevar mayor equidad a sus habitantes (Buzai y Baxendale, 2006; Moreno Jiménez, 2008).

Cuando se definen las unidades espaciales y en ellas se miden los valores de las variables cuantitativas que intervienen en la investigación, surge, en líneas generales, que cada unidad espacial se diferencia de la contigua, y los procedimientos técnicos de clasificación son los que permitirán agruparlas de acuerdo a sus semejanzas a través de las intensidades encontradas (Buzai y Baxendale, 2002, 2006).

Siguiendo a estos últimos autores, con el objetivo de realizar una regionalización sociohabitacional de la provincia de Buenos Aires se debe partir de la matriz de datos originales (MDO), su posible transformación a matriz de datos índice (MDI), y su transformación a matriz de puntajes estándar (MDZ). Estos procedimientos fueron considerados insumos básicos en el tratamiento de la información censal. Con la finalidad de realizar procedimientos clasificatorios en las variables, la MDZ se transforma en una matriz de correlaciones de variables (MCV).

En ella, a través de un cálculo de distancias multivariadas queda expresado el grado de asociación entre la totalidad de variables. A partir de aquí, la técnica del Análisis Linkage resulta apropiada con la finalidad de reducir la matriz con fines clasificatorios. Por otra parte, con la finalidad de llegar a una regionalización se transpone la MDZ, con lo que las variables ocupan el lugar de las filas, y las unidades espaciales, el lugar de las columnas, y se genera una segunda estandarización en el sentido de las unidades espaciales que permite llegar a la matriz de correlaciones de unidades espaciales (MCUE), a partir de la cual pueden aplicarse los procedimientos clasificatorios de regionalización.

A continuación, se presenta una síntesis de los procedimientos aplicados en la investigación:

- a. **Recopilación de la información gráfica:** búsqueda de la información gráfica correspondiente al área de estudio.
- b. **Recopilación de la información alfanumérica:** búsqueda de información correspondiente a variables relativas a cuestiones demográficas, pobreza, educación, régimen de tenencia de la vivienda e infraestructura de servicios.
- c. **Sistematización de los datos sociohabitacionales:** en formato alfanumérico para las 134 unidades espaciales del área de estudio, año 2001.

- d. **Tratamiento matricial de la información I:** matriz de datos originales (MDO), matriz de datos índice (MDI) y matriz de datos estandarizados (MDZ).
- e. **Realización de cartografía temática por variables:** se realizó una colección de mapas correspondientes a las variables seleccionadas. Estos mapas fueron realizados luego de los procedimientos de estandarización de la información, con lo cual se obtuvo cartografía perfectamente comparable.
- f. **Análisis exploratorio de datos espaciales:** análisis univariado, bivariado y aplicación de métodos de autocorrelación espacial (I de Morán y LISA). Uso de gráficos interactivos (BOX-PLOT y diagramas de dispersión 2D).
- g. **Clasificación espacial por método de promedios estandarizados:** utilización de variables de beneficio y costo. Ponderación de variables. Mapeo de resultados.
- h. **Tratamiento matricial de la información II:** matriz de correlaciones de variables (MCV). Obtención de macrovariables.
- i. **Tratamiento matricial de la información III:** matriz de correlaciones de unidades espaciales (MCUE). Obtención de regionalizaciones.

La potencialidad de las técnicas de análisis de datos junto a las herramientas geotecnológicas, base de la metodología del análisis espacial cuantitativo, apoyaron la realización de este estudio, que se plantea como aporte metodológico al integrar, mediante sucesivos procedimientos aplicados, diversas técnicas analíticas para el tratamiento y análisis de la información socioespacial. Cabe destacar que en esta presentación se pondrá énfasis en la regionalización sociohabitacional.²

Determinación de variables: de la matriz de datos originales a la matriz de datos índice

Las 32 variables consideradas se han organizado en una matriz de filas (unidades espaciales) y columnas (variables) de 134 x 32, denominada matriz de datos

² En Humacata (2012) hemos realizado la aplicación de una amplia variedad de técnicas de estadística espacial para la definición de áreas sociohabitacionales, como aporte metodológico, al integrar los procedimientos aplicados en la regionalización, destacando la especificidad temática de cada aplicación.

originales (MDO). A partir de esta primera organización de los datos se avanza hacia la conformación de la matriz de datos índice (MDI) como primera transformación que relaciona cada dato como porcentaje de la población total del partido que ocupa (variable global: POB_TOT). Para la construcción de la MDI se han obtenido índices a partir de algunas variables contenidas en la MDO. A continuación, se presentan las variables que conforman la MDI, cuyos atributos serán considerados para realizar la cartografía temática inicial y se convierte en el insumo básico para la aplicación de los procedimientos de análisis multivariado utilizados en la investigación.

1- Población total (TOT_POB)	17- Tipo de vivienda: piezas en hotel o pensión (PIEZ_HOT_P)
2- Población de 0 a 14 años (A_0014)	18- Régimen de tenencia de la vivienda: propietario (RTV_PROP)
3- Índice de masculinidad (IND_MASC)	19- Régimen de tenencia de la vivienda: inquilino (RTV_INQUI)
4- Población mayor a 64 años (A_64)	20- Régimen de tenencia de la vivienda: a préstamo (RTV_PRES)
5- Índice de dependencia potencial (IDEPOT)	21- Máximo nivel educativo alcanzado: primario completo (PRIM_COM)
6- Población con necesidades básicas insatisfechas (NBI_POB)	22- Máximo nivel educativo alcanzado: secundario completo (SEC_COM)
7- Tipo de vivienda: rancho (VIV_RANC)	23- Máximo nivel educativo alcanzado: terciario-universitario completo (TER_UNIV_COM)
8- Tipo de vivienda: local no construido para habitación (LOC_NO_VIV)	24- Suministro de agua por red pública (AGUA_RED)
9- Tipo de vivienda: vivienda móvil (VIV_MOV)	25- Suministro de agua por motobombeador (AGUA_MOT)
10- Tipo de vivienda: vivienda tipo A (VIV_A)	26- Suministro de agua por bombeador manual (AGUA_MAN)
11- Tipo de vivienda: vivienda tipo B (VIV_B)	27- Suministro de agua por pozo con bomba (AGUA_BOM)
12- Total de viviendas (VIV_TOT)	28- Agua por otro medio (AGUA_OTRO)
13- Habitantes por viviendas (HAB_VIV)	29- Descarga a red pública (DESC_RED)
14- Viviendas con necesidades básicas insatisfechas (NBI_VIV)	30- Descarga a cámara séptica (DESC_CAM)
15- Tipo de vivienda: departamento (TOT_DEPTO)	31- Descarga a pozo (DESC_POZ)
16- Tipo de vivienda: piezas en inquilinato (PIEZ_INQUI)	32- Sin inodoro (SIN_INOD)

Gran parte de estas variables constituyen un conjunto utilizado en Buzai (2003), que ha brindado muy buenos resultados en la definición de mapas sociales urbanos al permitir discriminar claramente situaciones en tres niveles socioespaciales: altos, medios y bajos.

Aplicación y resultados

La aplicación del Análisis Linkage, con el objetivo de obtener agrupamientos de variables, parte de la matriz de correlaciones de variables (MCV) como insumo básico para definir cadenas de asociación mediante los valores que arroja el coeficiente de correlación r de Pearson, como unidad de distancia multidimensional entre las variables. En una primera instancia se obtienen siete agrupamientos de variables:

Figura 2. Agrupamiento de variables. 7 grupos de la MCV

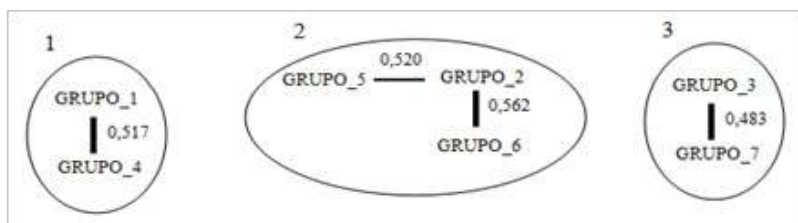
Grupos	Núcleo de variables	Variables asociadas
1	Población total; Total de viviendas	
2	Población mayor a 64 años; Tipo de vivienda: vivienda tipo A	Régimen de tenencia de la vivienda: propietario
3	Vivienda tipo B; Población sin inodoro	Población con necesidades básicas insatisfechas; Habitantes por viviendas; Viviendas con necesidades básicas insatisfechas; Población de 0 a 14 años
4	Tipo de vivienda: departamento; Máximo nivel educativo alcanzado: secundario completo	Máximo nivel educativo alcanzado: terciario-universitario completo; Régimen de tenencia de la vivienda: inquilino; Tipo de vivienda: piezas en hotel o pensión; Tipo de vivienda: piezas en inquilinato
5	Máximo nivel educativo alcanzado: primario completo; Descarga a pozo	Tipo de vivienda: local no construido para habitación; Tipo de vivienda: vivienda móvil; Índice de dependencia potencial; Régimen de tenencia de la vivienda: a préstamo; Agua por otro medio

Grupos	Núcleo de variables	Variables asociadas
6	Suministro de agua por red pública; Descarga a red pública	
7	Suministro de agua por bombeador manual; Descarga a pozo	Descarga a cámara séptica; Suministro de agua por motobombear; Índice de masculinidad; Tipo de vivienda: rancho

Fuente: elaboración propia.

Con el objetivo de sintetizar estos resultados en una menor cantidad de grupos, se procedió nuevamente con el Análisis Linkage, mediante el ajuste de la matriz de especificidad y la obtención de la matriz de correlaciones entre grupos de tamaño 7 x 7. La aplicación de este método a la matriz de especificidad generó tres grandes grupos de variables. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

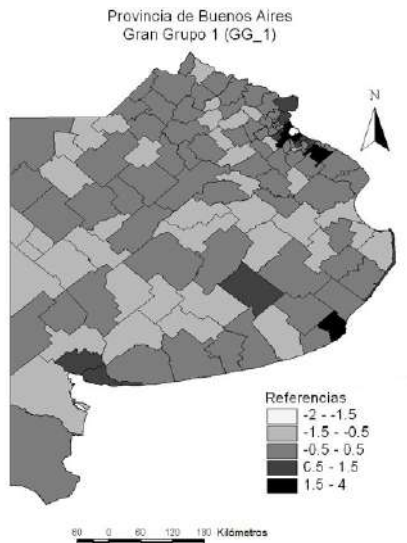
Figura 3. Asociación de grupos. 3 grupos surgidos a partir de la matriz de correlaciones



Fuente: elaboración propia.

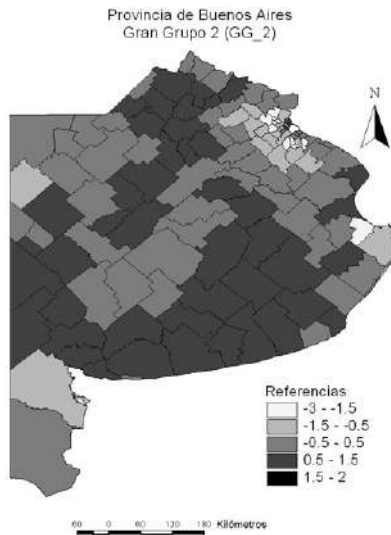
En los siguientes mapas se puede observar la distribución espacial de las macrovariables obtenidas:

Figura 4. Macrovariable 1



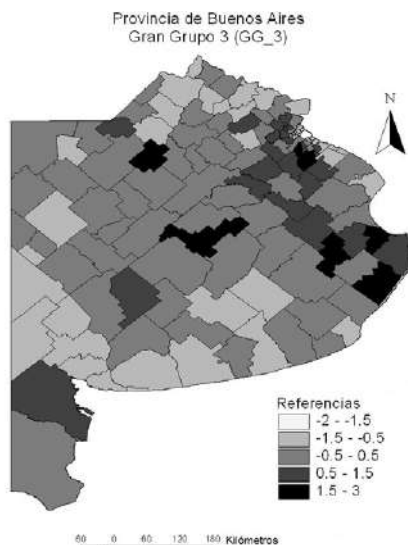
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Macrovariable 2



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Macrovariable 3



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la cartografía de grandes grupos de variables, el GG_1, que está conformado por los grupos 1 y 4, presenta sus máximos valores en el primer anillo del Gran Buenos Aires, junto a La Matanza (a excepción de Hurlingham e Ituzaingó, que poseen valores altos), y en aquellos partidos con ciudades de importancia regional, como La Plata y General Pueyrredón, junto a La Costa, Pinamar y Villa Gesell; y Tandil y Bahía Blanca, junto a Coronel Marina L. Rosales y Monte Hermoso. Los valores altos de este agrupamiento de variables representan buenas condiciones sociohabitacionales, presentando mayor peso el grupo 4 en esta configuración espacial.

Dentro de los valores altos se encuentran algunos partidos del segundo anillo del Gran Buenos Aires, adquiriendo mayor influencia en la incorporación en esta categoría el grupo 1, que se refiere al total de población que posee cada partido; es así como Tigre, San Fernando, Almirante Brown, Merlo, Berazategui y Quilmes poseen valores altos, siendo partidos caracterizados por un alto componente poblacional.

El GG_2, integrado por los grupos 2, 5 y 6, presenta una distribución de condiciones sociohabitacionales medias, donde los valores altos adquieren mayor representatividad que en el GG_1 al incluir más partidos con estos valores,

quedando conformado un amplio sector de la provincia en esta categoría. Cabe destacar la cantidad de partidos de la costa sur, del oeste y del norte provincial, que se suman a los valores altos y medios con los que cuentan los partidos que conforman el primer anillo del Gran Buenos Aires.

Por otro lado, el GG_3, integrado por los grupos 3 y 7, define una situación sociohabitacional desfavorable. Este agrupamiento presenta sus valores máximos en los partidos del segundo anillo del Gran Buenos Aires, denotando la mayor concentración de unidades espaciales, y en los partidos vecinos hacia el sur.

En el extremo sureste aparecen los partidos de Dolores, General Guido, General Lavalle, General Madariaga, Pila y Tordillo con valores altos y muy altos, que junto a General Viamonte y Leandro N. Alem, en el norte, Tapalqué y General La Madrid, en el centro provincial, y Villarino en el extremo sur, completan los partidos que poseen una mala situación sociohabitacional.

Los procedimientos de Análisis Linkage que fueron aplicados con el objetivo de generar macrovariables, en este apartado fueron aplicados para generar áreas sociohabitacionales, y mediante la clasificación multivariada de las unidades espaciales se llegó a la conformación del modelo de regionalización. En una primera aplicación del método se obtuvieron 27 áreas sociohabitacionales.

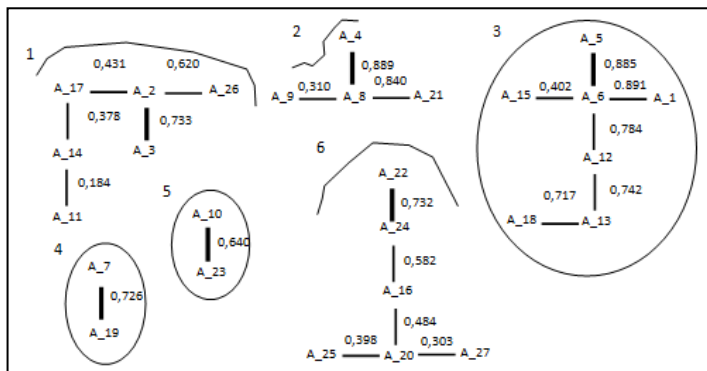
Figura 7. Agrupamiento de unidades espaciales. 27 áreas sociohabitacionales

Áreas	Núcleo de UE	UE asociadas
1	Avellaneda; Gral. San Martín	Lanús
2	Berazategui; Zárate	Campana
3	Lomas de Zamora; Quilmes	San Nicolás; La Matanza
4	Merlo; Moreno	Presidente Perón; Marcos Paz; Hurlingham; Florencio Varela; Almirante Brown; Ituzaingó; Luján; Malvinas Argentinas; Tigre; José C. Paz; Ezeiza
5	San Isidro; Vicente López	La Plata; Morón
6	Tres de Febrero; Bahía Blanca	Tandil; Mercedes; General Rosales; General Pueyrredón
7	Ayacucho; Rauch	Coronel Pringles
8	Escobar; Pilar	Esteban Echeverría; San Miguel

9	Exaltación de la Cruz; Monte	
10	Pila; General Paz	San Andrés de Giles; Daireaux; Gral. Guido; Gral. La Madrid
11	General Villegas; Rivadavia	Lincoln; Pehuajó; Carlos Tejedor
12	Junín; Pergamino	Azul; Chacabuco; Chascomús; Necochea
13	9 de Julio; Rojas	Bolívar; Bragado; Salto; Colón; Arrecifes; Trenque Lauquen; Capitán Sarmiento; Chivilcoy; Coronel Dorrego
14	Patagones; Villarino	
15	Pinamar; Villa Gesell	La Costa; Mar Chiquita; Monte Hermoso; Gral. Alvarado
16	Tres Lomas; Puán	Hipólito Irigoyen; Saliquelló; Gral. Arenales; 25 de Mayo; Coronel Suárez; Olavarría; Adolfo Alsina; Adolfo González Chávez; Benito Juárez; Florentino Ameghino; Laprida
17	Ramallo; San Pedro	Baradero
18	Saladillo; Las Flores	Maipú; Alberti; San Cayetano; Pellegrini
19	Carlos Casares; Lobería	Castelli
20	General Pinto; Guaminí	San Antonio de Areco; Balcarce
21	San Vicente; General Rodríguez	Gral. Madariaga; Cañuelas; Tordillo; Gral. Lavalle; Brandsen; Gral. Las Heras
22	Tapalqué; General Viamonte	Dolores; Leandro N. Alem; Carmen de Areco
23	Navarro; Suipacha	
24	Lobos; General Belgrano	Roque Pérez
25	Tornquist; Punta Indio	
26	Berisso; Ensenada	
27	General Alvear; Magdalena	

Las 27 áreas sociohabitacionales han sido correlacionadas entre sí con el objetivo de obtener el grado de asociación entre estas áreas mediante un nuevo proceso de agrupamiento. Para ello, se parte de la matriz de correlaciones entre áreas, que mediante la aplicación del método de regionalización permite llegar a la definición de zonas sociohabitacionales. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

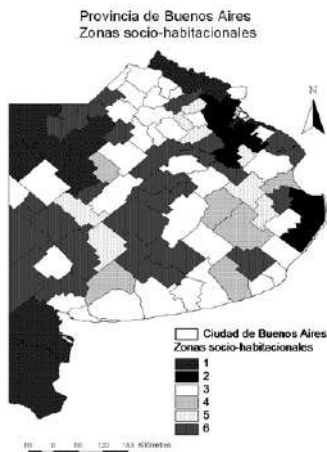
Figura 8. Agrupamiento de áreas sociohabitacionales



Fuente: elaboración propia.

El avance hacia la definición de zonas sociohabitacionales pretende descubrir las relaciones entre áreas, a modo de síntesis geográfica, que busca a través de la construcción de un modelo socioespacial establecer las características estructurales del espacio geográfico. De este modo, se presenta a continuación el mapa de zonas sociohabitacionales, como modelo de regionalización que sintetiza la información geográfica tratada a lo largo de la investigación.

Figura 9. Regionalización sociohabitacional de la provincia de Buenos Aires



Fuente: elaboración propia.

La zona 1, conformada por los núcleos A_2 y A_3, con un valor $r = 0,733$, se distribuye en el noreste, norte, noroeste y extremo sur provincial. Esta zona se caracteriza por el predominio de valores de especificidad medios en las variables “Población con descarga a pozo”, “Suministro de agua por otro medio”, “Máximo nivel educativo alcanzado: terciario-universitario completo”, “Habitantes en viviendas tipo rancho”, “Habitantes en tipo de vivienda B” y “Población con descarga a red pública”, aunque posee, por otro lado, valores altos en “Población sin inodoro”, “Población con necesidades básicas insatisfechas” y “Viviendas con necesidades básicas insatisfechas”. Los valores altos en las variables “Población con suministro de agua por red pública” y “Máximo nivel educativo alcanzado: secundario completo” permiten caracterizar a esta zona con una situación sociohabitacional intermedia.

La zona 2, integrada por el par recíproco A_4 y A_8, tiene un valor de $r = 0,889$ y presenta una distribución concentrada en el segundo anillo del Gran Buenos Aires y en el extremo sureste. Las características sociohabitacionales de esta zona permiten definir una situación extremadamente desfavorable donde predominan las variables “Población con necesidades básicas insatisfechas”, “Viviendas con necesidades básicas insatisfechas”, “Habitantes en viviendas tipo B”, “Población con suministro de agua por motobombeador” y “Población sin inodoro” con valores muy altos.

La zona 3 posee un núcleo integrado por las áreas 5 y 6, con un valor $r = 0,885$. Este agrupamiento presenta una distribución concentrada en el norte, sur y este, existiendo partidos distribuidos de forma dispersa en el centro y oeste provincial. Los partidos que caracterizan a esta zona pertenecen, en su mayor parte, al tradicional núcleo maicero, a la costa atlántica sur y al primer anillo del Gran Buenos Aires. Los valores altos de especificidad en las variables “Habitantes en departamentos”, “Régimen de tenencia de la vivienda: propietario”, “Máximo nivel educativo alcanzado: secundario completo”, “Máximo nivel educativo alcanzado: terciario-universitario completo”, “Población con suministro de agua por red pública” y “Población con descarga a red pública” permiten definir una situación sociohabitacional favorable.

La zona 4, integrada solo por las áreas 7 y 19, siendo el valor de $r = 0,726$, presenta una distribución dispersa, con un bajo número de partidos que la integran, denotando una marcada fragmentación espacial. Esta zona se caracteriza por presentar valores altos en las variables “Habitantes en viviendas tipo A”, “Población mayor a 64 años”, “Población con suministro de agua por red pública” y “Población con descarga a red pública”, siendo valores favorables en

las dimensiones de habitabilidad y de la infraestructura de servicios. Aunque, por otro lado, en la situación educativa predomina la variable “Máximo nivel educativo alcanzado: primario completo”, y adquiere valores medios en las variables “Población con suministro de agua de pozo” y “Población con descarga a pozo”. Por lo que podemos definir a esta zona sociohabitacional como una zona de características intermedias, siendo más favorable que la zona 1 al reunir valores altos y medios en la mayoría de las dimensiones.

La zona 5, integrada por los núcleos A_10 y A_23, con un valor $r = 0,640$, está compuesta por un pequeño número de unidades espaciales, con una distribución espacial fragmentada, aunque se aprecia un pequeño grupo que rodea al Gran Buenos Aires hacia el oeste. Esta zona se caracteriza por presentar un predominio de valores medios en aquellas variables que permiten definirla con una situación intermedia.

Es así como las variables “Población con necesidades básicas insatisfechas”, “Habitantes en viviendas tipo A”, “Población con suministro de agua por red pública”, “Población sin inodoro”, “Población con suministro de agua por motobombeador” y “Habitantes en viviendas tipo B” adquieren valores de especificidad medios. Por otro lado, esta zona toma valores altos en la variable “Máximo nivel educativo alcanzado: primario completo”, donde se destaca el predominio de esta variable dentro de la dimensión de educación. También cabe destacar los valores altos que posee en la variable “Población con suministro de agua de pozo” y “Población en viviendas tipo rancho”, aunque, en comparación con la zona 1, estos valores son relativamente más bajos.

Finalmente, la zona 6, que está integrada por A_22 y A_24, con un valor $r = 0,732$, ocupa una gran proporción del territorio provincial, integrada en su mayoría por partidos con predominio de la actividad primaria y de baja densidad de población, constituidos por ciudades pequeñas. Esta zona se caracteriza por el predominio de valores medios en la infraestructura de servicios, donde se destacan las variables “Población con suministro de agua por bomba manual” y “Población con suministro de agua de pozo” con valores altos, siendo características, principalmente, de espacios rurales. Aunque la situación de habitabilidad y de educación, con valores altos en “Habitantes en viviendas tipo rancho”, “Habitantes en viviendas tipo B” y “Máximo nivel educativo alcanzado: primario completo”, y valores medios en “Población con necesidades básicas insatisfechas” y “Habitantes en viviendas tipo A”, permiten definir a esta zona con una situación sociohabitacional intermedia-baja, con mayor peso en estas dimensiones que ponen a la población en una situación

desfavorable con respecto a las características de la vivienda, aunque en mejor posición que la zona 1 pero no que la zona 4.

En síntesis, las zonas sociohabitacionales definidas a lo largo de esta aplicación resultan unidades espaciales diferenciadas claramente mediante su configuración espacial, producto de la alta homogeneidad interna relativa y, por el contrario, de la heterogeneidad con respecto a las demás unidades espaciales definidas para la provincia de Buenos Aires.

Consideraciones finales

La propuesta metodológica desarrollada en la investigación destaca la lógica que sustenta los procedimientos de construcción regional desde un punto de vista cuantitativo para la determinación de las diferencias socioespaciales en el área de estudio. El mapeo de estas diferencias y el análisis de sus distribuciones y asociaciones espaciales constituyen una herramienta de gran importancia para avanzar en una ciencia aplicada de utilidad concreta a los fines de intervención en materia territorial. Esta importancia atribuida a la metodología aplicada en este trabajo, presenta un nivel central en la complejidad del espacio geográfico: su dimensión espacial.

La regionalización obtenida podrá brindar una clara orientación de las regiones sociohabitacionales con prioridad de intervención con la finalidad de lograr disminuir disparidades y contribuir a mejorar la justicia espacial en el área de estudio. Es así como se contribuye a propiciar el establecimiento de estrategias de intervención diferenciales de acuerdo a las particularidades de cada región. Por lo que los estudios geográficos mediante tecnologías digitales, como los Sistemas de Información Geográfica y los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial, permiten poner su atención en la organización espacial realizando un importante apoyo en las actividades de planificación y gestión, con el fin de conseguir mayor eficiencia en sus funciones y llevar mayor equidad a sus habitantes. Consideramos que el presente trabajo de investigación avanza en este camino.

Bibliografía

Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (1994) *Prácticas de análisis exploratorio y multivariante de datos*. Barcelona, Oikos-tau.

- Buzai, G. D. (ed.) (2010) *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y metodológicos*. Universidad Nacional de Luján.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. (2006) *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Buzai, G. D. (2003) *Mapas sociales urbanos*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Chiozza, E. y Figueira, R. (1981) *Atlas total de la República Argentina*. Buenos Aires, Centro Editor de América Latina.
- Ebdon, D. (1982) *Estadística para geógrafos*. Barcelona, Oikos-tau.
- Gámir Orueta, A.; Ruiz Pérez, M. y Seguí Pons, J. (1995) *Prácticas de Análisis Espacial*. Barcelona, Oikos-tau.
- Haggett, P. (1975) *Análisis locacional en la Geografía humana*. Barcelona, Gustavo Gili.
- Humacata, L. (2012) “Análisis multivariado de la situación sociohabitacional de la provincia de Buenos Aires, en el 2001. Aplicación de técnicas de estadística espacial con Sistemas de Información Geográfica para la determinación de áreas sociohabitacionales”. Tesis de Licenciatura en Geografía. Universidad Nacional de Luján.
- Pérez, E. (2006) “Análisis multivariado de la situación sociohabitacional y educativa de la población: el caso de la provincia de Mendoza, Argentina”. En *Anuario de la División Geografía 2005-2006*. Universidad Nacional de Luján.
- Sánchez, D. (1988) *Los espacios socioeconómicos de la provincia de Buenos Aires. Hacia su delimitación. Síntesis informativa, económica y financiera*. La Plata, Banco de la Provincia de Buenos Aires.
- Velázquez, G. A. (2007) “Geografía, fragmentación social y diferenciación territorial en la región pampeana”. En revista *Hologramática*, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ), VI (7): pp. 49-70.

3. Análisis socioespacial de las condiciones sociohabitacionales de la Aglomeración Gran Buenos Aires

*Mariana Marcos*¹

Resumen

Buenos Aires es la aglomeración más compleja e importante en el sistema de asentamiento argentino. Sin embargo –y a pesar de haber estado históricamente en el centro de la atención del ámbito académico y estatal– son pocos los trabajos que dan cuenta de su estructura socioespacial interna. El presente trabajo se propone, precisamente, realizar un análisis espacial de las condiciones sociohabitacionales de la Aglomeración Gran Buenos Aires a partir de datos del Censo 2001, la información más reciente disponible para unidades espaciales pequeñas.

Para ello se construye la base cartográfica de la ciudad y se recurre a técnicas de análisis espacial multivariado. Como resultado se obtiene una aproximación a la configuración socioespacial actual de la ciudad, que sintetiza su comportamiento diferencial –pasado y presente, individual y colectivo, atravesado social, política, cultural y económicamente– sedimentado en el territorio en escalas de distinto nivel.

Introducción

Buenos Aires es la aglomeración más compleja e importante en el sistema de asentamiento argentino. Sin embargo –y a pesar de haber estado históricamente en el centro de la atención del ámbito académico y estatal– son pocos los tra-

¹ Facultad de Ciencias Sociales - UBA. E-mail: mariana_marcos_00@yahoo.com.ar.

bajos que dan cuenta de su estructura socioespacial interna. Esto se debe, sin duda, a los múltiples desafíos que implica emprender esta tarea: trascender los límites de las disciplinas; manipular un gran volumen de información, dado el gran tamaño de la ciudad; trabajar con un software de procesamiento de datos que se utiliza en la Argentina desde hace unos pocos años; y hasta construir la cartografía, que tal como está provista por el organismo que produce los datos no se ajusta a los límites físicos de la ciudad.

El presente trabajo se propone, precisamente, realizar un análisis espacial de las condiciones sociohabitacionales de la Aglomeración Gran Buenos Aires a partir de datos del Censo 2001, la información más reciente disponible para unidades espaciales pequeñas. Para ello se construye la base cartográfica de la ciudad y se recurre a técnicas de análisis espacial multivariado.

Como resultado, se espera obtener una aproximación a la configuración socioespacial actual de la ciudad, que exprese la síntesis resultante de su comportamiento diferencial –pasado y presente, individual y colectivo, atravesado social, política, cultural y económicamente– sedimentado en el territorio en escalas de distinto nivel.

El área de estudio: definición y construcción de la cartografía

Se define como área de estudio a la Aglomeración Gran Buenos Aires. De acuerdo a la definición del INDEC, se denomina así a la unidad de asentamiento de población más grande de la Argentina, que tiene como núcleo a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), y cuyos límites se extienden hasta donde tiene continuidad su envolvente, es decir, los edificios interconectados entre sí por una red de calles (Vapñarsky, 1995; 2000). Esta forma de denominar a Buenos Aires no es casual, sino que responde a criterios bien precisos: a) Aglomeración: porque se trata de una localidad definida sobre la base del criterio físico; b) Gran: porque es una aglomeración compuesta² y tiene más de cien mil habitantes; y c) Buenos Aires: porque este es el componente más dinámico de la aglomeración (Bertoncello, 2004).

En 2001, la AGBA se desplegaba sobre un total de treinta y tres áreas de gobierno local (la CABA y treinta y dos partidos de la provincia de Buenos Aires), abarcándolas de forma total o parcial:

² Una localidad o aglomeración es compuesta cuando se extiende sobre dos o más áreas político-administrativas (INDEC, 1998).

- a. Áreas de gobierno local cuya superficie y población se encuentran totalmente incluidas en la AGBA:
 - Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
 - Catorce partidos de la provincia de Buenos Aires: Avellaneda, General San Martín, Hurlingham, Ituzaingó, José C. Paz, Lanús, Lomas de Zamora, Malvinas Argentinas, Morón, Quilmes, San Isidro, San Miguel, Tres de Febrero y Vicente López.
- b. Áreas de gobierno local cuya superficie y población se encuentran parcialmente incluidas en la AGBA:
 - Dieciocho partidos de la provincia de Buenos Aires: Almirante Brown, Berazategui, Esteban Echeverría, Ezeiza, Florencio Varela, La Matanza, Merlo, Moreno, San Fernando, Tigre, Cañuelas, Escobar, General Rodríguez, La Plata, Marcos Paz, Pilar, Presidente Perón y San Vicente.

Si bien este concepto de aglomeración se utiliza en distintas fuentes de datos que desarrolla el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), la prioridad explícita de los censos es relevar, construir y brindar información acerca de las unidades político administrativas desde cuyos gobiernos se gestiona la ciudad (en el caso de Buenos Aires, la CABA y los partidos). Es decir que los datos que se publican para la Aglomeración son muy pocos y deben obtenerse mediante procesamientos especiales. La información cartográfica no es la excepción, en el sentido de que el organismo que produce los datos no provee una cobertura cartográfica de la Aglomeración tal como se la ha definido conceptualmente aquí, sino del conjunto de áreas de gobierno local sobre las que se despliega, sin distinguir qué porción de cada una de ellas forma parte de la Aglomeración y cuáles sectores no.

A su vez, las fracciones y radios, las unidades espaciales de menor tamaño para las que se publica información censal, “representan unidades de organización del trabajo de campo en la operatoria de relevamiento censal y, por lo tanto, son delimitados por los organismos responsables de cada provincia en función de razones de conveniencia práctica y no por responder a criterios sociales significativos” (Robirosa, 1996).

El hecho de que el diseño de fracciones y radios no responda a fines investigativos trae aparejados varios inconvenientes, como son su heterogeneidad en superficie, forma y cantidad de población, y el llamado “problema de la unidad

espacial modificable” (PUEM) (Openshaw, 1977; 1984), que hace alusión al hecho de que la división del territorio puede no reflejar –y hasta encubrir– la realidad socioterritorial.

Además, ni siquiera los límites de los radios, las unidades espaciales más pequeñas disponibles, se ajustan a los límites de la envolvente de población de la Aglomeración, en la medida en que los radios periféricos a menudo abarcan población de la Aglomeración pero también de áreas rurales, y que los interiores pueden abarcar espacios de uso no residencial.

Figura 1. Aglomeración Gran Buenos Aires: proceso de construcción de la base cartográfica



Fuente: Marcos, 2011.

En síntesis, “recortar” a la ciudad en el territorio bonaerense y obtener una cobertura cartográfica para su estudio microespacial no es sencillo, y

necesariamente hubo que realizar un complejo procedimiento técnico que involucró la utilización de datos del Censo 2001, la envolvente publicada por el INDEC en 2003, la base cartográfica original provista por el INDEC e imágenes satelitales de Google Earth.

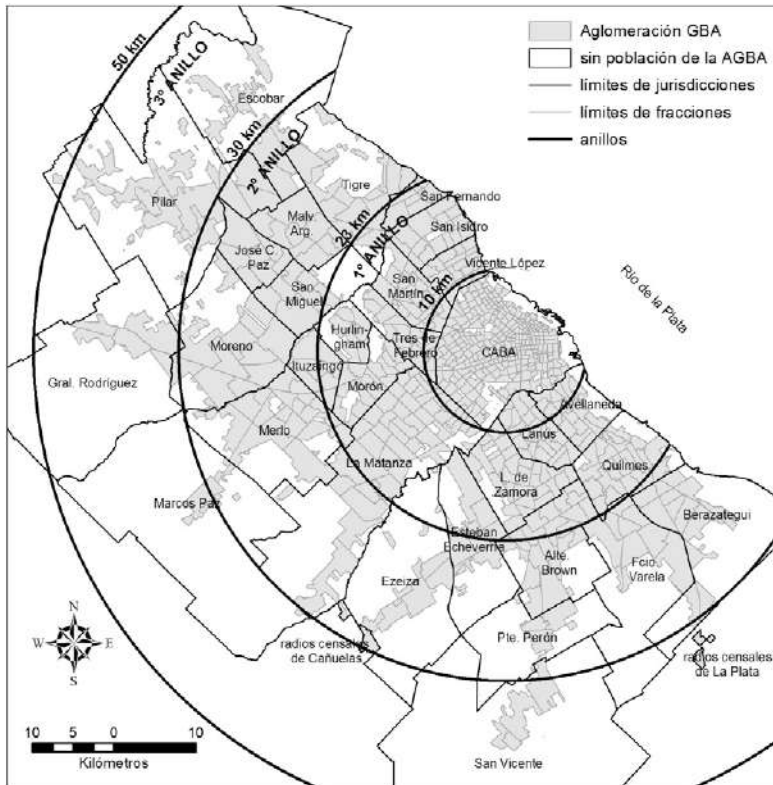
Concretamente, con estos insumos se procedió a:

- Reconstruir el número identificador (ID) de áreas de gobierno local, fracciones y radios.
- Identificar los radios sobre los que se extiende la Aglomeración consultando la base de datos alfanumérica del Censo 2001.
- Ajustar los radios perimetrales a la envolvente de población 2001 publicada por el INDEC.
- Identificar, explorar y eventualmente ajustar las unidades espaciales poco densas mediante consultas de información estadística (densidad de población) y superposición de imágenes satelitales.
- Disolver los radios censales según su fracción de pertenencia.
- Unir los radios según la fracción censal de pertenencia; unidades espaciales que se consideraron más adecuadas para las representaciones cartográficas teniendo en cuenta la gran extensión de la ciudad.
- Identificar las unidades espaciales con poca población y unir las con una unidad espacial colindante.³

Cabe destacar que la base cartográfica que resultó de este procedimiento no es la única posible, sino la que mejor se ajusta a los objetivos que persigue el trabajo, y que el mapeo que se realice en función de ella es una “representación simbólica de un espacio geográficamente determinado y no exactamente de la reproducción a escala de un sistema real” (Álvarez y Iulita, 2005).

³ El detalle de estos procedimientos puede consultarse en Marcos (2011).

Figura 2. Aglomeración Gran Buenos Aires: base cartográfica



Fuente: Marcos, 2011.

Las condiciones sociohabitacionales en la Aglomeración Gran Buenos Aires

Metodología

La medición de las condiciones sociohabitacionales de la población se realiza a partir de la obtención de puntajes de clasificación espacial, una metodología de análisis multivariado simple que se basa en la estandarización de las variables

utilizadas para el análisis y la generación de un puntaje resumen para su mapeo y consiguiente análisis de la distribución espacial.

La selección de variables fue realizada tomando como base la propuesta realizada en Buzai (2003) orientada al estudio de las dimensiones sociodemográfica y habitacional, y a partir de allí se escogieron aquellas que teóricamente permiten la mejor discriminación en los niveles socioespaciales de la población y se construyeron los correspondientes indicadores.

Los indicadores de condiciones sociohabitacionales favorables son: 1) porcentaje de población de 25 o más años con nivel de instrucción terciario o universitario completo; 2) porcentaje de población en viviendas censada en departamento; 3) porcentaje de población en hogares con agua procedente de red pública; y 4) porcentaje de población en hogares con inodoro con descarga y desagüe a red pública.

Los indicadores de condiciones sociohabitacionales desfavorables son: 1) porcentaje de población de 25 o más años sin instrucción o con nivel de instrucción primario incompleto; 2) porcentaje de población en vivienda de tipo inadecuado o sin vivienda (rancho, casilla, pieza/s en inquilinato, pieza/s en hotel o pensión, local no construido para habitación, vivienda móvil o en la calle); 3) porcentaje de población en hogares con privación material convergente; y 4) porcentaje de población en viviendas sin inodoro o con inodoro sin descarga.

En esta aplicación, las variables han sido estandarizadas utilizando el puntaje omega (Ω) calculado de manera directa en indicadores de condiciones sociohabitacionales favorables [1], y de forma inversa en indicadores sociohabitacionales desfavorables [2]. En ambos casos, los puntajes fueron llevados a un rango de 0 a 100.

$$[1] \quad \Omega = \frac{x_i - x_m}{x_M - x_m} \times 100$$

Donde x_i es el valor que asume la variable x en la unidad espacial i ; x_m es el valor mínimo y x_M es el valor máximo.

$$[2] \quad \Omega_c = 1 - \Omega$$

La utilización de ambas fórmulas permitió calcular un puntaje de clasificación espacial único (PCEU) al promediar la totalidad de puntajes (8 variables) y obtener un resultado resumen de la distribución socioespacial de la población

para su interpretación en el sentido de las variables de condición sociohabitacional favorable. Los mayores puntajes equivaldrán a situaciones sociales más favorables y aparecerán en el mapa en mayores intensidades de color. El PCEU se mapea mediante el método de cuantiles, por lo cual el resultado comparativo se brinda a partir de incorporarse la misma cantidad de unidades espaciales en cada uno de los intervalos de clase. De esta manera, las 691 unidades espaciales se dividen en cinco intervalos de clase (cuantiles), y según la intensidad del puntaje se clasifican en *muy alto*, *alto*, *medio*, *bajo* y *muy bajo*.

Finalmente, el mapa social se completa con dos distribuciones espaciales de asentamientos poblacionales: urbanizaciones cerradas y asentamientos precarios. Ambas son entidades de tipo puntal que serán superpuestas a la base cartográfica de geometría poligonal. Las primeras corresponden a asentamientos poblacionales de condiciones sociohabitacionales muy favorables, mientras que los asentamientos precarios, por el contrario, corresponden a asentamientos poblacionales de condiciones sociohabitacionales muy desfavorables. La superposición de estos puntos permitirá analizar los contextos inmediatos de cada uno de ellos.

Resultados

La condición sociohabitacional de la población y la distribución de las entidades puntuales se presentan en la Figura 3 y los Cuadros 1 y 2.

El mapa de la Figura 2, donde se representa el PCEU, muestra que la intensidad de los colores disminuye desde el centro a la periferia, lo cual significa que la situación de favorabilidad disminuye a medida que las unidades espaciales se encuentran a mayor distancia del área central.

Del análisis cartográfico se desprenden claramente los siguientes elementos de la estructura socioespacial urbana de la Aglomeración Gran Buenos Aires:

- PCEU muy alto: se desarrolla a partir de una estructura sectorial que se extiende desde el centro principal de la Aglomeración ubicado en la ciudad central (CBD, Central Business District). Los ejes de crecimiento se despliegan hacia el norte como frente costero y hacia el oeste tomando el centro de la ciudad. El PCEU también asume valores muy altos en diferentes centros intraurbanos correspondientes a algunos partidos sobre los que se extiende la AGBA.

- PCEU alto: se distribuye espacialmente de forma contigua a la categoría *muy alto*. Completa espacios intermedios entre los mencionados ejes de crecimiento y actúa como área de amortiguación entre categorías, cubriendo aproximadamente el 70% de la superficie de la CABA, algunas fracciones contiguas en el eje norte y otras dispersas en el resto de la Aglomeración.
- PCEU medio: corresponde al primer anillo de expansión de la AGBA en los partidos contiguos a la CABA. Tiene un comportamiento anular en las zonas norte y oeste, y un comportamiento sectorial en el sur. La expansión se produce por el frente costero sur hasta Berazategui, y por la línea sur hasta Almirante Brown.
- PCEU bajo: aparece asociado principalmente a un segundo anillo de expansión, el cual abarca partidos que no tienen contigüidad con la CABA y cubre espacios entre sectores de expansión en la zona sur. Por lo tanto, resulta ser que el gran crecimiento periférico de la AGBA se produce principalmente a través de clases sociales medias y medias-bajas.
- PCEU muy bajo: corresponde a grandes espacios periurbanos periféricos de la AGBA. En algunos casos se trata de intersticios desfavorables ambientalmente (zonas de inundación, espacios de gran contaminación), y en otros, a la frontera socioespacial extrema en los distintos sectores de crecimiento.

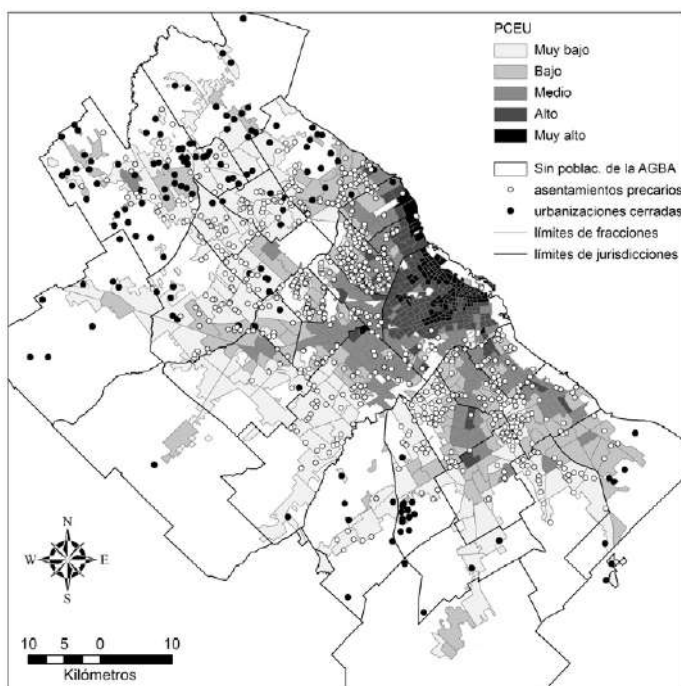
Con la finalidad de completar el modelo se superponen las urbanizaciones cerradas y los asentamientos precarios. Las urbanizaciones cerradas se ubican en la periferia extrema de la AGBA y toman el color (negro) de las condiciones favorables (PCEU muy alto), por lo que aparecen fragmentando la periferia. Los asentamientos precarios se ubican principalmente en el sector sur de la CABA y en todos los anillos de la AGBA, y toman el color (gris claro) de las condiciones desfavorables (PCEU muy bajo).

Cuadro 1. Aglomeración Gran Buenos Aires: indicadores de condición sociohabitacional (valor para el total de la AGBA y estadísticos descriptivos), año 2001

Indicador	Total AGBA	Unidades espaciales			
		Promedio	Mínimo	Máximo	Desvío estándar
% de población de 25 o más años con nivel de instrucción terciario o universitario completo	12,6	15,7	0,6	49,0	12,0
% de población de 25 o más años sin instrucción o con primario incompleto	20,2	18,5	7,6	46,1	7,2
% de población en viviendas censada en departamento	21,9	34,4	0,0	99,4	33,5
% de población en viviendas de tipo inadecuado o sin vivienda	6,6	5,7	0,0	55,7	6,5
% de población en hogares con agua procedente de red pública	71,0	81,1	0,0	100,0	34,1
% de población en hogares con privación material convergente	14,0	9,3	0,0	58,9	12,9
% de población en hogares con inodoro con descarga y desagüe a red pública	46,7	62,9	0,0	100,0	41,3
% de población en viviendas sin inodoro o con inodoro sin descarga	17,2	11,4	0,0	72,3	15,8
					138,0

Fuente: Buzai y Marcos (2012).

Figura 3. Aglomeración Gran Buenos Aires: condición sociohabitacional de la población, año 2001



Fuente: Buzai y Marcos (2012).

Cuadro 2. Aglomeración Gran Buenos Aires: urbanizaciones cerradas y asentamientos precarios según condición sociohabitacional de la unidad espacial de pertenencia más cercana, año 2001

Condición sociohabitacional de la unidad espacial de pertenencia más cercana	Urbanizaciones cerradas	Asentamientos precarios
Muy bajo	57,2	43,8
Bajo	40,7	38,9
Medio	2,1	15,9
Alto	0,0	1,2
Muy alto	0,0	0,2
Total	145	854

Fuente: Buzai y Marcos (2012).

En síntesis, se han identificado anillos, sectores, núcleos múltiples y fragmentación. Los primeros tres patrones espaciales son la base de los modelos clásicos de Burgess (1925), Hoyt (1939) y Harris y Ullman (1945); el cuarto es considerado una característica propia de las áreas metropolitanas actuales. Para el caso de las grandes ciudades de América Latina se ha demostrado que estos patrones aparecen, en el orden presentado, como resultado de diferentes etapas de evolución (Borsdorf, 2003).

La configuración socioespacial general de la AGBA presenta una clara disminución de las características de las condiciones sociohabitacionales favorables desde el centro a la periferia, característica propia del modelo de ciudad de América Latina de acuerdo al modelo de Griffin y Ford (1980), actualizado por Ford (1996; 1999) a partir de una evolución inversa al modelo del evolucionismo ecológico presentado por Sjoberg (1960)⁴.

La superposición sobre esta base poligonal de los asentamientos precarios y las urbanizaciones cerradas permite visualizar rasgos más actuales de la ciudad. Los asentamientos precarios constituyen entidades tradicionales de pobreza urbana, localizadas sobre zonas de PCEU medio, medio-alto y alto, y tuvieron un importante crecimiento durante las últimas décadas del siglo xx como resultado de la profundización de la polarización social.

Las urbanizaciones cerradas, en cambio, expresan el fenómeno novedoso de la suburbanización de clases sociales altas y medio-altas en zonas periféricas de PCEU medio-bajo y bajo, donde imprimen condiciones de profunda fragmentación socioespacial. El fenómeno constituye un rasgo distintivo actual de la gran ciudad de América Latina, que es interpretado como parte de un estadio superior en el modelo de Borsdorf (2003), tempranamente evidenciado por Bähr y Mertins (1982).

El conjunto resultante se caracteriza por condiciones sociohabitacionales favorables que decaen claramente desde el centro hacia la periferia en configuraciones de anillos y sectores según sean las características de fricción espacial y por los contrastes socioespaciales en las amplias zonas periféricas, donde aparecen de forma abrupta elementos puntuales de condiciones sociohabitacionales opuestas, que reflejan empíricamente lo que se conoce como “islas de riqueza en mares de pobreza” (Janoschka, 2002).

⁴ Esta característica, verificada en la actualidad, fue presentada inicialmente por Torres (1978), considerándola un aspecto distintivo de Buenos Aires al tomar el modelo de ciudad preindustrial en el momento de máxima industrialización a mediados del siglo xx. Un importante análisis de la obra de Horacio Torres y de sus líneas de investigación sobre el mapa social de Buenos Aires es el realizado por Abba (2010).

Bibliografía

- Abba, A. (2010) *Metrópolis argentinas. Agenda política, institucional y gestión de las aglomeraciones urbanas transjurisdiccionales*. Buenos Aires, Café de las Ciudades.
- Álvarez, G. y Iulita, A. (2005) "Mapeando el riesgo y la territorialidad en el partido de San Martín. Metáfora, producción de sentido y escala en la construcción de un mapa". En Coloquio de Investigaciones Etnográficas "Territorialidad y política", Centro de Investigaciones Etnográficas, Universidad Nacional de General San Martín, 23 de septiembre de 2005.
- Bähr, J. y Mertins, G. (1982) "A model of the social and spatial differentiation of Latin American metropolitan cities". En *Applied Geography and Development*, 19, pp. 22-45.
- Bertoncello, R. (2004) "Buenos Aires, ¿quién es la reina del Plata?". En revista *Población de Buenos Aires*, 0, pp. 16-25.
- Borsdorf, A. (2003) *Urbane Transformation in Lateinamerika. Von der polari-sierten zur fragmentierten Stadt*. Viena, GW-Unterricht.
- Burgess, E. W. (1925) "The growth of the city: an introduction to a research project". En Park, R. E.; Burgess, E. W. y McKenzie, R. D. (eds.) *The City*. Chicago, University of Chicago Press, pp. 47-62.
- Buzai, G. D. (2003) *Mapas sociales urbanos*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (1998) "Buenos Aires (1869-1991). La geometría urbana como representación de una historia económica y sociodemográfica". En *Signos universitarios*, 18 (34), pp. 71-88.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2006) *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Buzai, G. D. y Marcos, M. (2012) "The Social Map of Greater Buenos Aires as Empirical Evidence of Urban Models". En *Journal of Latin American Geography*, 11 (1), pp. 67-78.
- Ford, L. (1996) "A new and Improved Model of Latin American City Structure". En *Geographical Review*, 86 (3), pp. 437-440.
- Ford, L. (1999) "Latin American City Models Revisted". En *Geographical Review*, 89 (1), pp. 129-131.

- Griffin, E. y Ford, L. (1980) "A model of Latin American city structure". En *Geographical Review*, 70 (4), pp. 397-422.
- Harris, Ch. y Ullman, E. L. (1945) "The Nature of Cities". En *The Annals of the American Academy of Political and Social Sciences*, CCXLII, pp. 7-17.
- Hoyt, H. (1939) *The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities*. Washington, Federal Housing Administration.
- INDEC (1998) "El concepto de localidad: definición, estudios de caso y fundamentos teórico-metodológicos". Censo Nacional de Población y Vivienda 1991, Serie D, N.º 4. Buenos Aires, Publicaciones del INDEC.
- Janoschka, M. (2002) "Stadt der Inseln" Buenos Aires: Abschottung und Fragmentierung als Kennzeichen einer neuen Stadtmodells". En *RaumPlanung*, 101, pp. 65-70.
- Keeling, D. (1996) *Buenos Aires. Global Dreams, Local Crisis*. Chichester, John Wiley & Sons.
- Marcos, M. (2011) "Base cartográfica para el estudio de diferencias intraurbanas en la Aglomeración Gran Buenos Aires: procedimientos técnicos para su realización". En *GeoSig*, (sección técnica), 3 (3), pp. 1-3.
- Openshaw, S. (1984) *The modifiable areal unit problem*. En *CATMOG*, N.º 38.
- Openshaw, S. (1977) "A Geographical Solution to Scale and Aggregation Problems in Region-Building, Partitioning and Spatial Modelling". En *Transactions of the Institute of British Geographers*, Vol. 2, N.º 4, pp. 459-472.
- Provincia de Buenos Aires (2007) *Lineamientos Estratégicos para la Región Metropolitana de Buenos Aires*. Dirección Provincial de Ordenamiento Urbano y Territorial. Subsecretaría de Urbanismo y Vivienda. Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos. La Plata. Coordinador: Alfredo Garay.
- Robirosa, M. (1996) "Microespacios, municipios y otras jurisdicciones locales. Problemas y recomendaciones para su tratamiento". En INDEC, *Aspectos teóricos y metodológicos relativos al diseño conceptual de la cédula censal*, serie D., N.º 2, tomo 2. Buenos Aires, Publicaciones del INDEC.
- Tella, G. (2001) *Del suburbio a la periferia. Efectos de una modernización tardía en la Región Metropolitana de Buenos Aires*. Buenos Aires, FADU.

- Toro Labe, F. (1996) “Distribución espacial de la población”. En INDEC, *Aspectos teóricos y metodológicos relativos al diseño conceptual de la cédula censal*, serie D., N.º 2, tomo 2. Buenos Aires, Publicaciones del INDEC.
- Torres, H. (1978) “El mapa social de Buenos Aires 1943, 1947 y 1960. Buenos Aires y los modelos urbanos”. En *Desarrollo económico*, 70.
- Torres, H. (2001) “Cambios socioterritoriales en Buenos Aires durante la década de 1990”. En *EURE*, 27 (80), pp. 33-57.
- Vapñarsky, C. (1995) “Primacía y macrocefalia en la Argentina: la transformación del sistema de asentamiento humano desde 1950”. En *Desarrollo económico*, 35 (138).
- Vapñarsky, C. (2000) *La Aglomeración Gran Buenos Aires*. Buenos Aires, EUDEBA.
- Vidal-Koppmann, S. (2007) “La expansión en la periferia metropolitana de Buenos Aires. ‘Villas Miseria’ y ‘Countries’. De la ghettización a la integración de actores en el desarrollo local urbano”. Porto Alegre, XI Coloquio Internacional de GeoCrítica.

Referencias en línea

- INDEC (2003) “¿Qué es el Gran Buenos Aires?”. Disponible en <http://www.indec.mecon.ar/>.

4. Análisis espacial del riesgo tecnológico y población

Diagnóstico y propuestas de justicia socioambiental mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica. Caso de aplicación a nivel municipal: Luján (provincia de Buenos Aires), 2010-2013

*Nicolás Caloni*¹

Antecedentes

Las numerosas catástrofes registradas en el planeta desde la segunda mitad del siglo pasado han puesto de relieve que un accidente industrial o tecnológico puede tener consecuencias de una magnitud igual o superior a la de una catástrofe natural (Adnán Boulaich, Montserrat Gómez Delgado y Joaquín Bosque Sendra, Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares, 2007).

No hay más que recordar algunos sucesos con efectos de escala suprarregional (accidente en la central nuclear de Chernobil, consecuencias del huracán Mitch, hundimiento del petrolero Prestige) para demostrar la relevancia y la actualidad de esta línea de investigación.

La sensibilidad de la sociedad ante este tipo de situaciones ha venido incrementándose con eventos como los mencionados, lo que ha derivado en un aumento del interés público por mejorar la calidad de vida y la seguridad de la población, que comenzó a conocer los peligros a los que se encuentra expuesta y las potenciales consecuencias de dicha exposición.

¹ UNGS - UNLU - UNS. E-mail: caloninicolas@gmail.com.

Los múltiples ejemplos de las cuantiosas pérdidas materiales y humanas experimentadas como resultado de desastres acaecidos en los denominados países del Tercer Mundo, en comparación a las muchas menores producidas en los países desarrollados, indican que, en gran medida, las catástrofes son el resultado de una deficiente organización social que conduce a respuestas inadecuadas ante procesos extremos del medio físico (Maskrey, 1993; Blaikie *et ál.*, 1994).

Las investigaciones sobre riesgos han desarrollado conceptos de gran interés —como los de exposición y vulnerabilidad— cuyas posibilidades operativas para un análisis territorial concreto han sido todavía poco exploradas, sobre todo en el caso de los riesgos tecnológicos (Calvo García-Tornel, 1997 y 2001; Smith, 1992; Hewitt, 1997).

En este marco podemos decir que la investigación teórica y metodológica sobre estos temas ha experimentado un cierto impulso en estos últimos años, especialmente en lo que concierne al desarrollo de nuevas técnicas para el análisis territorial de los riesgos tecnológicos (Carava, 1994; Saurí, 1995; Bosque Sendra, 2001; Bosque Sendra, 2004).

La cartografía de los riesgos constituye una línea de trabajo de larga data. Con respecto a los riesgos naturales, las investigaciones se han dirigido al estudio de los factores del medio físico que inciden en el inicio o en la inducción de los desastres, en la caracterización de la injerencia humana como potenciadora de sus consecuencias y en la identificación de la recurrencia temporal de los desastres, todo ello con el objetivo de definir el territorio potencialmente afectado y estimar los posibles daños (por ejemplo, MORT, 1992; Güell y Sorribas, 1994; Martín Loeches, 2002; Laín Huerta, 2000).

En el caso de los riesgos tecnológicos, los avances han sido limitados y se han centrado fundamentalmente en los estudios de vulnerabilidad territorial y de distribución espacial de instalaciones o actividades potencialmente peligrosas (Zeigler, 1983; Saurí, 1995; Lowry, 1995; Stein, 1995; Sengupta, 1996).

Del análisis de las investigaciones más recientes en cartografía de riesgos tecnológicos, los avances observados se han centrado en analizar la vulnerabilidad del territorio y/o la población expuestos a amenazas ambientales, como un factor determinante para valorar la magnitud del riesgo (Eastman y Hulina, 1997). Se está emprendiendo, por tanto, una línea de trabajo de extraordinaria relevancia social, con notables oportunidades de aplicación en ordenamiento del territorio, en la que, además, hay muchas posibilidades de análisis territorial y, por tanto, cartográfico. Es esta una línea en la que el

equipo de investigación del Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá de Henares ya ha trabajado, sobre propuestas de cartografía de vulnerabilidad a los riesgos (Bosque, 2000b; Bosque, Díaz Muñoz y Díaz Castillo, 2002; Díaz Muñoz y Díaz Castillo, 2002).

El desarrollo de nuevas técnicas para el análisis territorial, las cuales se basan en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), permiten dar respuestas de sustento espacial a algunos de los interrogantes planteados, por lo tanto resulta conveniente explorar sus posibilidades actuales (Moreno Jiménez y Bosque Sendra, 2004; Buzai y Baxendale, 2006; Gómez Delgado y Barredo Cano, 2006; Carr y Zwick, 2007).

Diversos estudios han demostrado la aplicación de los SIG y de procedimientos de evaluación multicriterio (EMC) con el fin de presentar soluciones alternativas a los actores implicados en la controversia (Malczewsky, 1999; Díaz-Muñoz y Díaz-Castillo, 2002). Silva *et ál.* (2006) describieron una metodología de SIG con EMC para determinar la ubicación más apropiada de sitios para la disposición de residuos sólidos urbanos. Mena *et ál.* (2006) integraron los SIG y los EMC para generar un modelo de acogida para determinar los mejores sitios para la ubicación de un relleno sanitario. Peluso *et ál.* (2003), mediante parámetros socioeconómicos, determinaron áreas geográficas de vulnerabilidad al consumo de agua potable contaminada. Ciminari *et ál.* (2003) cartografiaron los conflictos ambientales en el área de los valles inferiores de los ríos Lima y Neuquén en la Argentina, referidos a asentamientos urbanos en zonas inestables. Los resultados de tales estudios permitieron detectar las áreas problemáticas caracterizadas por alta densidad poblacional y asentamientos humanos espontáneos. Vatalis y Manoliadis (2002), usando factores ambientales, socioeconómicos y técnico-operativos, determinaron áreas seguras para la ubicación de un relleno sanitario.

En el presente estudio exploraremos las posibilidades de los SIG para combinar los modelos de exposición al riesgo y la vulnerabilidad de la población en un territorio definido: el partido de Luján. Es lo que se considera en Bosque Sendra *et ál.* (2004) como un tema pendiente para ser abordado por futuros desarrollos en esta línea de investigación.

Fundamentos

Analizando las características del desarrollo tecnológico actual, podemos observar que se presentan de manera latente y manifiesta ciertos inconvenientes,

como lo son las condiciones de riesgo y vulnerabilidad en la sociedad y el medio natural que actúa como soporte de la misma. Ante esta realidad, es imprescindible generar herramientas que nos permitan construir las soluciones posibles a los problemas ambientales a los cuales se encuentran expuestas nuestras comunidades, entendiendo que los mismos presentan una gran complejidad.

Los principales fundamentos de la elección de este tema están relacionados con el desafío profesional por investigar en un campo científico que se encuentra en pleno desarrollo, como lo es el análisis de los riesgos tecnológicos a partir de la utilización de SIG. A través de la bibliografía consultada, es posible determinar el aporte sustancial que este trabajo puede brindar a este campo, analizando las condiciones de vulnerabilidad y de exposición en conjunto, es decir, logrando una verdadera aproximación a la caracterización integral del riesgo.

A partir de la utilización de los SIG podremos analizar la relación entre los riesgos tecnológicos y las condiciones sociohabitacionales que nos permitirán identificar espacialmente situaciones de vulnerabilidad social. A partir de estas determinaciones, surgirán aportes para el ordenamiento del territorio con el objetivo de minimizar las condiciones de vulnerabilidad a las cuales se hallan expuestas las poblaciones.

Avanzar en la búsqueda de soluciones concretas a los problemas ambientales complejos a los cuales se encuentra expuesta la población es uno de los principales desafíos de las nuevas tecnologías, es por ello que en la presente investigación nos apoyaremos en los SIG.

Objetivos

- Analizar la exposición al riesgo tecnológico en conjunto, logrando una aproximación a la caracterización integral del riesgo.
- Analizar las características sociohabitacionales de la población del partido de Luján.
- Determinar las condiciones de vulnerabilidad social a partir del análisis de la exposición al riesgo tecnológico y su impacto en la sociedad.
- Generar propuestas de justicia socioambiental.

Objetivos específicos

- Realización de una base de datos geográficos con múltiples capas temáticas (área de estudio, rutas, industrias, vías de comunicación, hidrografía, vegetación, entre otros).
- Creación de mapas de instalaciones e infraestructuras riesgosas.
- Definición de la exposición a las instalaciones peligrosas.
- Creación de mapas de exposición al riesgo tecnológico.
- Creación de mapas de temáticas con las características de la población.
- Creación de mapas de exposición al riesgo integral para el partido de Luján.
- Creación de mapas de vulnerabilidad para el partido de Luján.
- Creación de mapas con propuestas de ordenamiento territorial para el partido de Luján.

Hipótesis

La población que posee mayores condiciones de vulnerabilidad tiene una distribución socioespacial que se relaciona con una mayor exposición a actividades generadoras de riesgos. La intervención en propuestas de ordenamiento territorial orientadas a la relocalización de esta población o bien de las entidades generadoras de riesgos permitirá disminuir las condiciones de riesgo en la sociedad.

Marco teórico-metodológico

Desde los comienzos de la Geografía como ciencia humana se ha visto que existen dos formas sustanciales de encarar la investigación geográfica: como estudio de la relación hombre-medio (definición ecológica) y como estudio de la diferenciación de espacios sobre la superficie terrestre (definición corológica), las cuales pueden complementarse. Claramente, estas perspectivas tienen su sustento en el espacio geográfico, y para la Geografía cuantitativa no existe

posibilidad de realizar estudios geográficos sin base espacial. Esta base de asociaciones y correlaciones espaciales es la que brinda la identidad que singulariza a la Geografía en el contexto de las ciencias.

En el marco de considerar a la Geografía como ciencia humana, la incorporación de desarrollos matemáticos y estadísticos no solo ha representado un avance en la metodología sino que, principalmente, se convirtió en una forma de pensar la realidad. En la Geografía cuantitativa se considera que en la realidad geográfica es posible descubrir ciertas regularidades que pueden describirse y estudiarse idóneamente a través de la cuantificación.

Es así como la construcción sistémica, uno de los principios que caracteriza a los estudios de análisis geográfico a partir de la cuantificación, aparece en diversas escalas relacionadas especialmente con el objetivo de la investigación, y de allí a la consideración de los elementos que estructuran el sistema a través de sus interacciones. A través de la teoría de los sistemas complejos queda claro que el sistema no está definido pero es definible, y en ese sentido presenta una postura claramente constructivista en la producción de conocimientos.

Esta es la perspectiva clave en la que se enmarca conceptualmente el presente trabajo: mediante la aplicación de SIG, principalmente a través de métodos racionalistas y cuantitativos que nos permiten una construcción regional como una forma de pensar la realidad.

Cuando analizamos la realidad a través de los SIG estamos viendo con mayor claridad ciertos fragmentos de la realidad, aspectos más proclives a ser trabajados mediante el paradigma de la Geografía cuantitativa, postura que le brinda principal sustento a estas actuales tecnologías digitales. Los SIG utilizan técnicas de análisis propias de la Geografía regional y la Geografía cuantitativa, posibilitando el desarrollo de la denominada geografía automatizada (Dobson, 1983), que ha permitido resolver automáticamente, mediante el uso de computadoras, problemas geográficos a través de las técnicas de análisis espacial desarrolladas en décadas anteriores. La relevancia de los SIG en la planificación urbana o regional es hoy incuestionable ante el gran desarrollo de la información y la posibilidad de almacenarla y realizar tratamientos y análisis espaciales en tiempos antes inimaginables (Guevara, 1997).

La Geografía automatizada, entendida como la sistematización digital de la postura racionalista y cuantitativa, es aquella que tiene como nivel de focalización el estudio del espacio geográfico contemplando el abordaje simultáneo de la relación entre la sociedad y el ambiente, de la diferenciación espacial y de las leyes del funcionamiento espacial. Los SIG constituyen una herramienta

teórico-metodológica fundamental del análisis del mundo real en este nivel. Los SIG juegan un papel fundamental porque nos permiten ver el territorio tal como es hoy en día. Es muy dificultoso que sin la existencia de estas herramientas, de sus conceptos y de sus procedimientos, se pueda analizar y comprender nuestro entorno con la precisión, fiabilidad y rapidez que es necesaria.

Al momento de analizar problemas de justicia ambiental, las publicaciones realizadas hasta el momento están evidenciando que el papel de los SIG resulta muy importante, por no decir imprescindible, debido a las utilidades que aporta. Ello es así porque el abordaje atinado de esa problemática atañe a dos de las tradiciones del estudio de la disciplina geográfica (la centrada en la relación hombre-medio y la enfocada a las diferencias espaciales), que, como es sabido, los SIG han integrado en su naturaleza.

En el presente trabajo se pretende realizar un examen completo desde la justicia ambiental, en donde se considerarán no solo los resultados de un tipo o atributo ambiental por separado (por ejemplo, un contaminante) sino también la carga completa que se soporta. Por lo tanto, el desarrollo de índices acumulados ponderando cada componente de perjuicio o carga ambiental (Moreno, 1995) será un frente de notable interés técnico. Se cuenta ya con ciertos avances a la hora de relacionar dicha carga con la población afectable, para definir índices de riesgo integrando ambos componentes (Maantay, 2002).

Una vez determinado el riesgo tecnológico, nos abocaremos a la tarea de analizar las condiciones sociohabitacionales de la población del partido de Luján, con el fin de identificar y caracterizar las condiciones de vulnerabilidad social que presenta la misma.

El riesgo puede entenderse como el resultado de la interacción entre la exposición y la vulnerabilidad; puede reducirse si se entiende como el resultado de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un evento, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, o factor interno de selectividad de la severidad de los efectos sobre dichos elementos (Cardona, 1993).

El riesgo tecnológico hace referencia a la probabilidad de sufrir daños o pérdidas económicas, ambientales y humanas como consecuencia del funcionamiento deficiente o accidental de una tecnología aplicada en una actividad humana. En las investigaciones sobre los riesgos, comúnmente se considera que la magnitud del riesgo es una consecuencia de la interacción de tres factores:

- Localización, volumen, probabilidad de ocurrencia de accidentes y características de peligrosidad de la actividad que se considera fuente de riesgo.

- Las dimensiones y características del área expuesta a un posible accidente.
- El grado de la vulnerabilidad de los posibles receptores del daño.

Si se entiende al riesgo como un proceso social, es preciso enfrentar los factores causales que se hallan detrás de la vulnerabilidad visible de la población. Esto es esencial en la mitigación de riesgos, la cual debe estar enraizada en la comunidad, en el ámbito local, a través del fortalecimiento institucional, la descentralización política, la información y la concientización de la comunidad.

En este contexto, la vulnerabilidad puede ser definida como “el nivel o grado al cual un sujeto o elemento expuesto puede verse afectado cuando está sometido a una amenaza, donde el sujeto amenazado es aquel que compone el contexto social o material de una comunidad, como los habitantes y sus propiedades, una actividad económica, entre otros” (Wilches Chaux, 1993).

Para finalizar, no cabe duda hoy de que los SIG no solo son una herramienta metodológica sino que, especialmente, actúan como una herramienta conceptual. A partir de esta estrecha relación con la perspectiva sistémica y desde allí con aspectos del racionalismo y el cuantitativismo, generan bases para la aplicación de una disciplina sólida que apoya la toma de decisiones socioespaciales con fundamentos científicos. Esto adquiere sentido en la búsqueda de mejorar la justicia espacial en el presente y para las generaciones futuras (Buzai, 2005).

Resultados alcanzados

En la primera etapa de esta investigación nos abocamos al relevamiento bibliográfico y de antecedentes en la temática abordada con el objetivo de lograr una síntesis teórico-metodológica que nos permitiera dirigir el desarrollo del estudio hacia principios de innovación en la actividad científica.

A su vez se relevaron las fuentes de información cartográfica en formato digital, preferentemente, y en su defecto se realizaron las tareas de digitalización correspondientes con la finalidad de lograr una sistematización objetiva de las bases de información de que se dispone. A continuación, se visualiza el área de estudio en la Figura 1.

Figura 1

Fuente: elaboración propia.

En una etapa siguiente, se generaron bases de datos en formato digital para ser utilizadas en los SIG, tanto para modelos vectoriales como ráster, según lo requiriera la investigación. Disponiendo de todas las bases de información en formato digital, en la tercera etapa de la investigación nos abocamos a dar inicio a los procesos de análisis espacial tendientes a caracterizar las entidades generadoras de riesgo y las condiciones de la población en el territorio.

Luego de estas caracterizaciones, como resultado dispusimos de cartografía de exposición al riesgo, la cual nos permitió identificar cuáles son las principales fuentes de riesgo en el territorio, y a su vez contamos con cartografía temática que nos permitió analizar las condiciones de vulnerabilidad de la población.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos en la etapa anterior, y a través de la aplicación de procedimientos de evolución multicriterio, se generaron escenarios de vulnerabilidad social al riesgo tecnológico. Considerando estos

escenarios reales y posibles se crearon propuestas de justicia socioambiental, orientadas a generar iniciativas que nos permitan mejorar la política de ordenamiento territorial.

Aplicación

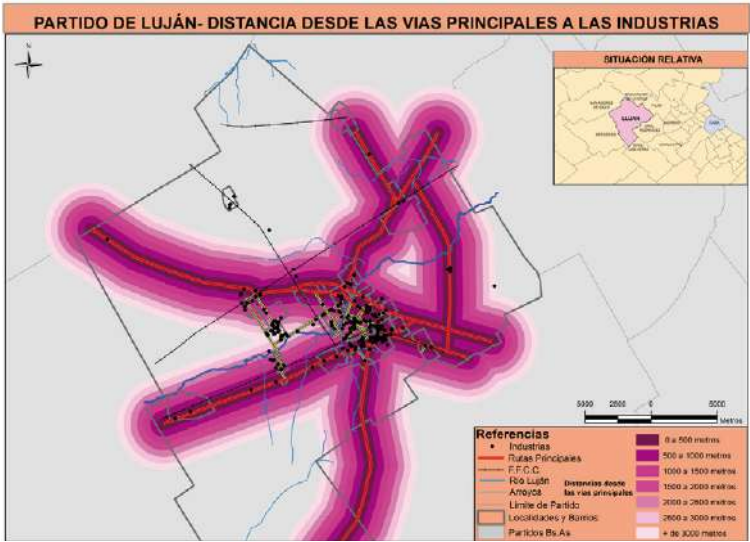
El estar continuamente expuesto a un riesgo y desconocerlo se transforma quizás en el elemento más peligroso de una situación; con la ignorancia vienen aparejadas situaciones de vulnerabilidad y de injusticia social. Es por ello que consideramos que el aporte que este tipo de trabajos puede realizar a las comunidades es muy valioso, diagnosticando la situación actual con el objeto de identificar las zonas expuestas a riesgos permanentes. A partir de ello, la elaboración de programas o planes de contingencia y mitigación será una tarea con un mayor grado de validez; y a su vez, considerar en la planificación territorial las zonas con exposición al riesgo.

Finalmente, observamos que la realidad se presenta cada vez más compleja, por lo tanto, es loable destacar que este tipo de trabajos contribuyen a disminuir el grado de incertidumbre en el marco de la toma de decisiones, reduciendo así la probabilidad de cometer errores y de afectar a poblaciones que por sus características intrínsecas ya poseen condiciones de vulnerabilidad, y que el hecho de estar expuestas a un nuevo riesgo, supondría condenarlas a la marginalidad.

Avances

En esta primera etapa se analiza uno de los elementos potencialmente generadores de riesgo, como lo son los establecimientos industriales; aquí estamos considerando su localización y distribución espacial según las vías principales de comunicación. A modo de síntesis, se presenta en la Figura 2 un mapa en el que se visualiza la localización de los establecimientos industriales del partido de Luján, teniendo en cuenta las distancias a las vías de comunicación principales a partir de la determinación de áreas de influencia.

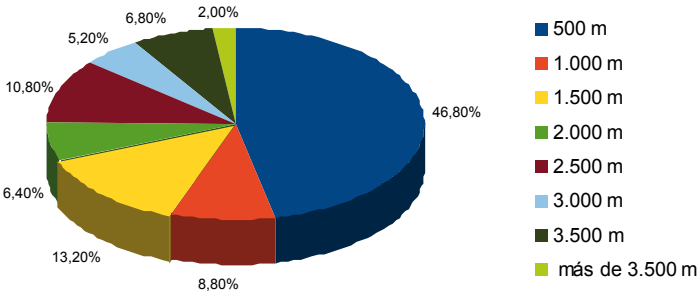
Figura 2



Fuente: elaboración propia.

A partir del análisis de los datos espaciales se presentan los gráficos que, por un lado, muestran que el 55% de las industrias se localizan dentro de los 1.000 m de distancia desde las rutas principales. También se evidencia que a medida que las distancias aumentan, la cantidad de industrias disminuyen.

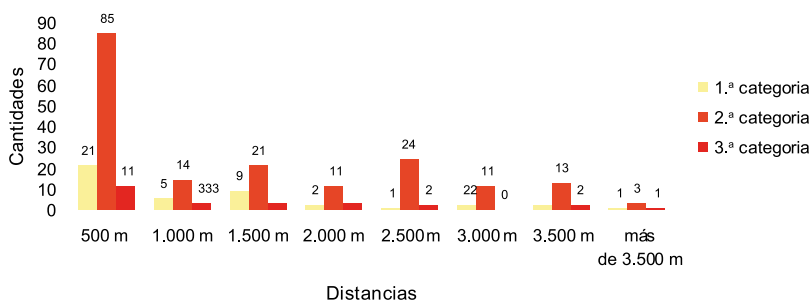
Figura 3. Porcentaje de industrias según distancias



Fuente: elaboración propia.

Otro de los análisis consiste en identificar qué tipo de industrias se encuentran localizadas según las distancias de evaluación propuestas. En este caso, observamos que la mayor cantidad de industrias en todas las categorías existentes se localizan a menos de 500 m de las vías principales de comunicación, siendo particularmente las industrias de segunda categoría las existentes en mayor número en esta área de cobertura.

Figura 4. Localización de industrias categorizadas



Fuente: elaboración propia.

Consideraciones finales

En esta primera instancia se ha abordado la problemática del riesgo tecnológico a partir de la consideración de uno de sus principales factores, como lo es la actividad industrial, identificando y analizando su distribución en el área de estudio propuesta.

En las etapas siguientes, a través del acceso a las distintas fuentes oficiales de información se procederá a caracterizar a la población y sus condiciones habitacionales con el fin de identificar situaciones de vulnerabilidad social y exposición al riesgo tecnológico.

Bibliografía

Barba Romero, S. (1984) *Técnicas de apoyo a la toma de decisiones en la administración pública*. Instituto Nacional de Administración Pública, Colección

- Biblioteca Básica de Administración Pública. Madrid, Alcalá de Henares.
- Barredo, J. I. (1996) Evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica en la ordenación del territorio. Madrid, Editorial Ra-Ma.
- Bosque Sendra, J. (1992) *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid, Rialp.
- Bosque Sendra, J. (1994) *Sistemas de Información Geográfica: prácticas con PC ArcInfo e Idrisi*. Madrid, Editorial Ra-Ma.
- Bosque Sendra, J. y Franco, S. (1995) “Modelos de localización-asignación y evaluación multicriterio para la localización de instalaciones no deseables”. En *Serie Geográfica*, 5, pp. 97-112.
- Bosque Sendra, J.; Díaz Castillo, C. y Díaz Muñoz, M. A. (2001-2002) “De la justicia espacial a la justicia ambiental en la política de localización de instalaciones para la gestión de residuos en la Comunidad de Madrid”. Boletín de la Real Sociedad Geográfica, Tomos cxxxvii-cxxxviii, pp. 89-114.
- Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (2004) *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Madrid, Editorial Ra-Ma.
- Bosque Sendra, J.; Díaz Castillo, C.; Díaz Muñoz, M. A.; Gómez Delgado, M.; González Ferreiro, D.; Rodríguez Espinosa, V. M. y Salado García, M. J. (2004) “Propuesta metodológica para caracterizar las áreas expuestas a riesgos tecnológicos mediante sig. Aplicación en la Comunidad de Madrid”. En *Geofocus* (artículos), N.º 4, pp. 44-78.
- Buzai, G. D. (2008) *Sistemas de Información Geográfica y cartografía temática*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2006) *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Cardona, O. (1993) “Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo”. En *Los desastres no son naturales*. La Red. ITDG. Colombia. Cap. 3.
- Cardona, O. (1993) “Manejo ambiental y prevención de desastres: dos temas asociados”. En *Los desastres no son naturales*. La Red. ITDG. Colombia. Cap. 4.
- Carr, M. H.; Zwick, P. (2007) *Smart Land-Use Planning*. Redlands, ESRI Press.
- DeMers, M. N. (2002) *GIS modeling in raster*. Nueva York, John Wiley & Sons.
- Eastman, R; Kyem, P. A. K.; Toledano, J. y JIN, W. (1993) *GIS and decision*

- making*. Ginebra, Editorial Unitar.
- Fotheringham, A. S.; Brunson, C. y Charlton, M. *Quantitative Geography*. Londres, SAGE.
- Funtowicz, S. (1994) "Epistemología política. Ciencia con la gente". En *Serie de documentos en informes de investigación*. Programa Buenos Aires. FLACSO.
- Gómez Delgado, M. y Barredo Cano, J. I. (2006) *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. México, Alfaomega-RaMa.
- Gutiérrez Puebla, J. (1992) *La ciudad y la organización regional*. Madrid, Editorial Cincel.
- Gutiérrez Puebla, J. y Gould, M. (1994) *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Madrid, Editorial Síntesis.
- Haggett, P. (1967) "Networks Models in Geography". En Richard J. Chorley y Peter Haggett (eds.) *Integrated Models in Geography, Methuen and Co. LTD*. Londres, pp. 609-668.
- Hasenack, H.; Weber, E. J. y Valdameri, R. (1998) "Análise de vulnerabilidade de um parque urbano através de módulos de apoio à decisão em sistemas de informação geográfica". En GIS Brasil 98. IV Congresso e feira para usuários de geoprocessamento, Anais. Curitiba/PR.
- Hasenack, H. (1995) "O geoprocessamento no processo de tomada de decisão". En *Boletim Gaúcho de Geografia*, N.º 20.
- Lavell, A. (1996) "Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos. Hacia una definición de una agenda de investigación". En Fernández, M. A. (comp.) *Ciudades en riesgo, degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres*, Capítulo 2. Lima, La Red.
- Lazzari, L.; Machado, E. y Pérez, R. (1997) *Teoría de la decisión fuzzy*. Buenos Aires, Ediciones Macchi.
- Maguire, D. J.; Batty, M. y Goodchild, M. (eds.) *GIS, Spatial Analysis and Modeling*. Redlands, ESRI Press.
- Martínez, E. y Escudéy, M. (eds.) (1998) *Evaluación y decisión multicriterio. Reflexiones y experiencias*. Santiago de Chile, Editorial de la Universidad de Santiago - UNESCO.

- Maskrey, A. (1998) *Navegando entre brumas: la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al análisis de riesgos en América Latina*. Lima Intermediate Technology Development Group: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- Maskrey, A. (1994) "Comunidad y desastres en América Latina. Estrategias de intervención". En Maskrey, A. (comp.) *Viviendo en riesgo*. La Red, Capítulo 1.
- Moreno, J. M. (1998) "Una aproximación multicriterio en la selección entre alternativas ambientales. El proceso analítico-jerárquico". En Martínez E. y Escudey M. (eds.) *Evaluación multicriterio. Reflexiones básicas y experiencias en América Latina*. Capítulo 8, pp. 137-163.
- Ordóñez, C. y Martínez Alegría, R. (2003) *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones prácticas con Idrisi 32 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales*. México, Alfaomega-RaMa.
- O'Sullivan, D. y Unwin, D. (2002) *Geographic Information Analysis*. Chichester, John Wiley & Sons.
- Peuquet, D. y Marble, D. (eds.) (1990) *Introductory Readings in Geographic Information Systems*. Londres, Taylor & Francis.
- Slocum, T.; McMaster, R.; Kessler, F. y Howard, H. (2005) *Thematic Cartography and Geographic Visualization*. Nueva York, Prentice Hall.
- Stillwell, J. y Clarke, G. (2004) *Applied GIS and Spatial Analysis*. Nueva Jersey, John Wiley & Sons.
- Tomlin, C. D. (1990) *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Nueva Jersey, Prentice Hall - Englewood Cliffs.
- Wilches Chaux, G. (1993) "La vulnerabilidad global". En *Los desastres no son naturales*, Capítulo 2, La Red. ITDG. Colombia.

Universidad Nacional de General
Sarmiento: Laboratorio de Sistemas de
Información Geográfica (LABSIG-UNGS)

1. Creación de un *plugin* en Python para QGIS

Tutorial y presentación de una metodología de aprendizaje

Vicente Deluca¹ y Malena Libman²

Cómo se debe leer este capítulo

Los párrafos escritos en letra Courier son implementaciones de lo explicado en cada caso. En estos párrafos, en las líneas que comienzan con los caracteres #\$, lo que sigue es una instrucción desde la consola de un sistema operativo Linux. Las líneas que comienzan con los caracteres >>> se refieren a una línea de comando escrita en el intérprete de Python. El código fuente del *script* final no está escrito en modo consola sino en un archivo de texto con extensión .py. Si el primer caracter de una línea en este código es una #, significa que esa línea es un comentario y no se ejecutará en el programa.

Introducción

En el marco de la asignatura Informática Aplicada a los SIG, Parte I, que se dicta durante el tercer semestre de la Tecnicatura Superior en Sistemas de Información Geográfica, nos hemos propuesto generar herramientas que permitan implementar aplicaciones con fines específicos, a fin de que los futuros profesionales puedan afrontar los problemas que en su actividad profesional seguramente les surgirán. Fue así como conseguimos la creación de un *plugin*

¹ UNGS - Laboratorio de SIG. E-mail: vdeluca@ungs.edu.ar.

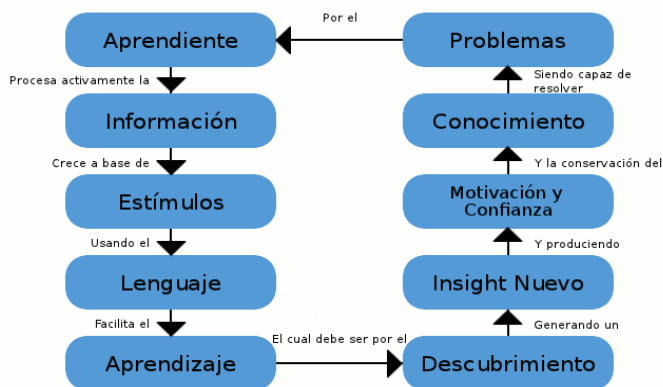
² UNGS - Laboratorio de SIG. E-mail: malena.libman@gmail.com.

para QGIS escrito en Python, que utiliza toda la potencialidad de la librería OGR/GDAL³ y la “usabilidad”⁴ de la interfaz gráfica del software QGIS.

La creación de este *plugin*, o herramienta complementaria, no solo ha cumplido su objetivo con su creación, sino que además, sobre todo en el proceso de construcción, con sus idas y vueltas, formulación y reformulación de soluciones, este complemento ha agotado el programa, la bibliografía y el cronograma de la materia.

El objetivo de hacerlo funcionar y dejarlo disponible para todos lo que quieran utilizarlo se convirtió a la vez en la necesidad de aprehender la teoría que fundamente la técnica y le dé luz a la praxis. Según Jerome Bruner y su teoría cognitiva del descubrimiento, quien aprende debe enfrentarse a problemas que pueda resolver a través del descubrimiento.

Jerome Bruner. Aprendizaje por Descubrimiento



Así, el aprendizaje consiste esencialmente en la categorización de nuevos conceptos, y esta categorización está estrechamente relacionada con procesos como la selección de información, la generación de proposiciones, la simplificación, la toma de decisiones y la construcción y verificación de hipótesis.

³ Python es un lenguaje de programación orientado a objetos. OGR/GDAL (Geospatial Data Abstraction Libraries) son librerías de uso libre bajo licencia GPL, para la manipulación de archivos vectoriales y ráster. QGIS (Quantum GIS) es un software de uso libre y código abierto escrito en Python.

⁴ Del inglés *usability*. La utilidad de un sistema (Nielsen, 1993), como medio para conseguir un objetivo, tiene una componente de funcionalidad (utilidad funcional) y otra basada en el modo en que los usuarios pueden usar dicha funcionalidad.

En la Figura 1 se puede ver una captura de pantalla del resultado de esta herramienta. La capa “bloques” es la obtenida mediante el *plugin* RV2Stats. Al pasarle como parámetros la capa de puntos obtenida con el GPS y el tamaño de la unidad de análisis (cantidad de píxeles de lado por lado) se crea una capa de tipo vectorial que contiene información estadística de los píxeles que contiene cada bloque.

Procedimiento para la creación del *plugin*

Para la creación del *plugin* se cruzaron cuatro unidades: el uso del sistema operativo Linux; la creación de breves rutinas de programación con el fin de comprender ciertos algoritmos de orden, clasificación y asignación; el uso de estos conocimientos aplicados a los SIG; y la implementación del *plugin* en sí mismo.

Las tecnologías utilizadas fueron las siguientes:

- so Linux para la reproyección de las capas.
- Python como lenguaje de programación.
- OGR/GDAL como librerías para las funcionalidades de SIG.
- QGIS como entorno de implementación del *plugin*.

so Linux. Reproyección de puntos

La utilización de un sistema operativo como Linux tiene como objeto acercar al alumno al teclado y alejarlo del *mouse*, con el fin de que escriba comandos que le den directivas lógicas a la computadora, lo que permite afianzar los conocimientos teóricos y, a la vez, romper con el sentido común heredado de un hábito mnemotécnico que favorece a los sistemas operativos de interfaz gráfica.

- a. Usamos el comando `ogr2ogr` para transformar un archivo del formato *.kml (Google Earth) a *.shp (ESRI Shapefile) o para cambiar la proyección del archivo vectorial:

```
# $ogr2ogr -t_srs EPSG:32721 puntocel2.shp puntocel.shp
# $ogr2ogr -f KML mypoints.kml sbpoints.shp sbpoints
# $ogr2ogr -f "ESRI Shapefile" mypoints.shp sbpoints.kml
```

```
#ogr2ogr -f 'ESRI Shapefile' output.shp input.kml
```

En lugar de utilizar el código EPSG, lo que se usó aquí fue la proyección desde un archivo de texto:

```
#ogr2ogr -t_srs robison_ogcwkt.txt world_rob.shp world_wgs.shp
```

- b. Utilizamos la función *gdalwarp* para modificar la proyección de imágenes (datos ráster):

```
#$ gdalwarp -t_srs EPSG:4326 landsat5.tif landsat5_2.tif
```

- c. Otra herramienta que encontramos útil fue *ogrinfo*, que nos sirvió para ver el sistema de coordenadas y la proyección de una capa:

```
#ogrinfo -al -so world_wgs.shp
```

Python como lenguaje de programación. Librerías OGR/GDAL

Python es un lenguaje de programación interpretado que tiene grandes ventajas para ser utilizado como primer lenguaje de programación por un estudiante. La claridad de su sintaxis evita muchos de los primeros errores comunes por tipeo, y la posibilidad de ser usado en tiempo de ejecución mediante su consola le permite al estudiante familiarizarse línea a línea con el código. Es decir, al ir ejecutando el programa a medida que se lo va escribiendo se pueden leer de manera más fácil los resultados y los errores.

En el siguiente ejemplo se muestra cómo acceder a un píxel determinado de una imagen ráster para conocer su valor:

```
#$python
```

```
Python 2.7.1+ (r271:86832, Apr 11 2011, 18:13:53)
```

```
[GCC 4.5.2] on linux2
```

```
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information
```

```
>>>import gdal, ogr, sys, os
```

```
>>>from gdalconst import *
```

```
>>>gdal.AllRegister()
```

```

>>>dataset = gdal.Open("/home/malena/python/imsat/landsat5.
tif", GA_ReadOnly)
>>>if dataset is None:
>>>print "Error abriendo el archivo"
>>>cuenta = dataset.RasterCount
>>>print cuenta
>>>band = dataset.GetRasterBand (1)
>>>c = band.ReadAsArray (0, 0, 10, 10)
>>>print c

```

En las primeras dos líneas:

```

>>>import gdal, ogr, sys, os
>>>from gdalconst import *

```

Se importan las librerías OGR/GDAL, que son las utilizadas para la manipulación de datos espaciales. Las librerías OGR/GDAL son softwares para el manejo de datos georreferenciados, publicados bajo la licencia de MIT Licence⁶, por la fundación Open Source Geospatial Foundation⁷. El uso de estas librerías está ampliamente difundido por la abstracción que se ha logrado, pudiendo acceder a la gran mayoría de formatos⁸ utilizando el mismo modelo.

En la línea 4:

```

>>>dataset = gdal.Open ("/home/malena/python/imsat/landsat5.
tif", GA_ReadOnly)

```

Se abre una imagen *landsat* para su lectura y se la asigna a un “objeto”⁹ llamado *dataset* para su manipulación. Es decir, se convierte la información geoespacial en un elemento estándar para su tratamiento dentro de algoritmos, que ya no dependen de la fuente de datos gracias a esta conversión.

En la línea 7:

⁶ https://es.wikipedia.org/wiki/MIT_License.

⁷ https://es.wikipedia.org/wiki/Open_Source_Geospatial_Foundation.

⁸ http://www.gdal.org/formats_list.html.

⁹ Un objeto, en programación, representa una entidad de la vida real, y como tal contiene propiedades y funciones. Por ejemplo, el objeto “persona” tiene propiedades como nombre y apellido, y funciones como trabajar o estudiar. En este caso, el objeto *dataset* representa un set de datos espaciales.

```
>>>cuenta = dataset.RasterCount
```

Se llama a una propiedad del objeto *dataset* llamada *RasterCount*, que devuelve la cantidad de píxeles que contiene el set de datos. En la línea siguiente se muestra el resultado por pantalla.

En la línea 9:

```
>>>band = dataset.GetRasterBand (1)
```

Se crea un nuevo objeto llamado *band*, obtenido de una función del objeto *dataset* llamado *GetRasterBand* (1). El 1 entre paréntesis es el “parámetro”, que recibe la función para condicionar el valor devuelto, en este caso se le pide a la función que devuelva la primera capa.

Finalmente, en las líneas 10 y 11 se lee un conjunto de píxeles definidos como en una grilla de dos dimensiones y se los muestra en pantalla.

```
>>>c = band.ReadAsArray (0, 0, 10, 10)
```

```
>>>print c
```

***Plugin* en QGIS 1.7.1**

Se listan a continuación los recursos disponibles en la web utilizados en esta cátedra para la creación del *plugin* y una breve reseña de cada uno. Se listan paso a paso las tareas para la creación del *plugin* y se expone el código completo:

Guía para el desarrollo de un *plugin*¹⁰

Una vez obtenidos los archivos de base, se comienza a personalizarlos:

Se ingresa a `__init__.py` donde se pueden modificar los datos básicos del *plugin*, como su nombre, y también crear la función que va a hacer que se ejecute.

Luego se debe modificar el ícono que va a representar al *plugin* en el programa. Para ello se guarda la imagen elegida en formato *.png en la carpeta del *plugin* con el nombre `icon.png`. Para poder “compilar” esta nueva imagen se debe utilizar el archivo `resources.qrc`. Este archivo Qt Resource System (<http://qt-project.org/doc/qt-4.8/resources.html>) *.qrc es necesario para utilizar la herramienta `pyrcc4`,

¹⁰ <http://qgis.org/pyqgis-cookbook/plugins.html> (en inglés).

que vectoriza la imagen en un archivo *.py, dado que es el archivo que contiene la ruta y el nombre del archivo de imagen destinado a ser el ícono.

Para ejecutar la herramienta pyrcc4 se agrega en las variables de entorno de Windows la ruta donde se encuentra pyrcc4.exe. Para ello se accede al Panel de Control > Sistema > Configuración avanzada del sistema > Variables de entorno > Variables del sistema > Path. Se abre con editar y se agrega, al final de la sentencia, punto y coma, sin espacios, y la ruta del archivo ejecutable (en este caso, C:\Program Files (x86)\Quantum GIS Wroclaw\bin). Luego, desde el menú de inicio de Windows, en Ejecutar se escribe “cmd”; esta orden abre la consola de comandos. En el control de comandos hay que ubicarse en la ruta donde se guarda la carpeta del *plugin*. Allí se ejecuta el comando:

```
pyrcc4 -o resources.py resources.qrc
```

Con ello ejecutamos la herramienta y le otorgamos el archivo de salida y el de entrada. El paso siguiente es agregar nuestro código a la función principal que va a estar en el archivo “nombredelplugin.py”. Allí lo incorporamos a la función que corre el *plugin*:

```
def run(self):
    # create and show the dialog
    dlg = GpsRasterDialog()
    # show the dialog
    dlg.show()
    result = dlg.exec_()
    # See if OK was pressed
    if result == 1:
        # do something useful (delete the line containing pass and
        # substitute with your code

        rasterFile = "D:\\python\\landsat5.tif"
        # asigna a la variable "rasterFile" el archivo de imagen ráster
        shapeFile = "D:\\python\\puntoscel2.shp"
        # asigna a la variable shapeFile el archivo shape path completo
        pathHome = "D:\\python\\"
```

```

dsRaster = gdal.Open(rasterFile,GA_ReadOnly)

# en la variable dsRaster se asigna la apertura en “solo lectura”
# del archivo ráster objeto GDAL dataset

dsShape = ogr.Open(shapeFile)

# en la variable dsShape se asigna la apertura del archivo
# shape.ogr datasource (tipo de objeto)

lyrShape = dsShape.GetLayerByName(“puntoscel2”)

# trae la capa por el nombre como una OGRLayer

bandRaster = dsRaster.GetRasterBand(1)

# trae la banda 1 de la imagen ráster

geoTransform = dsRaster.GetGeoTransform()

# Fetch the affine transformation coefficients de la imagen
# ráster ????? longitud, latitud y tamaño del pixel, coordenadas
# de proyección lista de 0 a 5 con los coeficientes

origx = geoTransform[0]
origy = geoTransform[3]
pixelW = geoTransform[1]

# origen de x e y y el ancho del píxel

lyrShape.ResetReading()

# comienza desde el principio la lectura de la capa del shape

sizeBlockX = 3
sizeBlockY = 3

diffoffsetX = sizeBlockX // 2
diffoffsetY = sizeBlockY // 2

for feature in lyrShape:

# recorre la capa del shape y la asigna a la variable feature.
# Se establece como OGRFeature

geom = feature.GetGeometryRef()

# apunta a la geometría de cada punto apunta a un OGR geometry

```

```

x = geom.GetX()
# trae la ubicacion en x de cada punto
y = geom.GetY()
# trae la ubicacion en y de cada punto

xOffset = int((x-origx)/pixelW)
# convierte la ubicacion x en la ubicacion en cant de pixels
desde el origen
yOffset = int((y-origy)/pixelW)
# convierte la ubicacion y en la ubicacion en cant de pixels
desde el origen

if xOffset < 0:
xOffset = xOffset * (-1)
if yOffset < 0:
yOffset = yOffset * (-1)
#corrige para que no de negativo nunca

xo1 = xOffset - diffoffsetX
#top del buffer
yo1 = yOffset - diffoffsetY
data2 = bandRaster.ReadAsArray(xo1,yo1,sizeBlockX,sizeBlockY)

acum = 0.000
n = 0
for x in range(len(data2)):
for y in range (len(data2[0])):
acum = acum + data2[x, y]
n = n + 1
media = acum/n
min = data2.min()
max = data2.max()

```

```

# se toman los datos de ubicación geográfica de cada uno de
# los puntos y se lee el dato del valor del pixel de la imagen
# ráster correspondiente en esa ubicación

os.chdir (pathHome)

driver = ogr.GetDriverByName("ESRI Shapefile")
newFileShp = driver.CreateDataSource("new.shp")

Layer = newFileShp.CreateLayer ("bloques", geom_type=ogr.wkb-
Polygon)

lyrShape.ResetReading()

for feat in lyrShape:

    geom = feature.GetGeometryRef()

    #top left

    TLx = geom.GetX() - (differOffsetX * pixelW)
    TLy = geom.GetY() + (differOffsetY * pixelW)

    #top right

    TRx = geom.GetX() + (differOffsetX * pixelW)
    TRy = geom.GetY() + (differOffsetY * pixelW)

    #bottom left

    BLx = geom.GetX() - (differOffsetX * pixelW)
    BLy = geom.GetY() - (differOffsetY * pixelW)

    #bottom right

    BRx = geom.GetX() + (differOffsetX * pixelW)
    BRy = geom.GetY() - (differOffsetY * pixelW)

```

Una vez terminado el código es conveniente agregar comentarios por línea o por bloque de líneas que describan el sentido de la acción que se está realizando.

Bibliografía

Cairó, O. y Guardati, S. (1993) *Estructuras de datos*. McGraw Hill.

- Fernandez, J. (1992) *Algoritmos, problemas resueltos y comentados*. Madrid, Paraninfo.
- Siever, E. (2009) *Linux in a nutshell, a desktop quick reference*. Londres, O'Reilly Media.
- Silberschatz, A.; Peterson, J. y Galvin, P. (1999) *Sistemas operativos. Conceptos fundamentales*. Addison-Wesley.
- Wirth, N. (1987) *Algoritmos y estructura de datos*. Prentice Hall.

Referencias en línea

- Estructuras de datos. Tutorial de Python v2.7.0. Disponible en: <http://docs.python.org.ar/tutorial/datastructures.html>.
- Geoprocessing with Python using Open Source GIS. Disponible en: <http://www.gis.usu.edu/~chrisg/python/>.
- GDAL: GDAL API Tutorial. Disponible en: http://www.gdal.org/gdal_tutorial.html.
- GDAL: GDALRasterBand Class Reference. Disponible en: <http://www.gdal.org/classGDALRasterBand.html>.
- OGR: OGRLayer Class Reference. Disponible en: <http://www.gdal.org/ogr/classOGRLayer.html>.

2. Estudio de áreas verdes urbanas (2000-2011) para los partidos de San Miguel y Moreno de la provincia de Buenos Aires

*Pamela Flores*¹

*Marcela Rivarola y Benítez*²

*Marcelo Villanueva*³

Introducción

Este trabajo se enmarca en una propuesta didáctica para el aprendizaje, aplicación e integración de conceptos, procedimientos y herramientas, que se desarrollan en materias iniciales de la Tecnicatura en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y en campos relacionados con otras disciplinas y carreras, como el caso de Ecología Urbana. De esta forma presentamos una primera aproximación a la elaboración de metodologías de evaluación utilizando los SIG y la teledetección con materiales disponibles y accesibles para los estudiantes. En este sentido, el trabajo apunta a analizar el proceso de modificación de la cobertura vegetal mediante el uso de herramientas como las imágenes satelitales y su procesamiento con alguno de los softwares disponibles (Casanova, *et ál.*, 1997; Chuvieco, 2002).

¹ Instituto de Ciencias - UNGS. E-mail: pflores@ungs.edu.ar.

² Instituto del Conurbano - UNGS. E-mail: mrivarol@ungs.edu.ar.

³ Instituto del Conurbano - UNGS. E-mail: mardan@gmail.com.

Objetivo

El objetivo principal es identificar las variaciones temporales de cobertura vegetal y ponderar las áreas de acuerdo a su potencialidad en cuanto a los servicios ecológicos (regulación hidrológica, disminución de la contaminación del aire, refugio de biodiversidad, regulación climática) y las funciones sociales (recreativas, deportivas, educativas, socioculturales y terapéuticas) que brindan, a fin de detectar las áreas a preservar.

Area de estudio

El área de estudio del presente trabajo comprende los partidos de San Miguel y Moreno. Si bien ambos partidos pertenecen al sector noroeste de la Región Metropolitana de Buenos Aires, sus usos del suelo son bastante diferenciados. El primero se encuentra urbanizado en las principales localidades e incluye una gran área administrada por las Fuerzas Armadas. En el caso de Moreno prevalecen la producción agropecuaria con las urbanizaciones de tipo residencial en el área aledaña a las principales vías de comunicación y otras urbanizaciones cerradas. Según datos de los censos nacionales de población, hogares y viviendas, ambos partidos indican un crecimiento poblacional durante el período 2001-2010. En la Tabla 1 se aprecian los datos demográficos correspondientes:

Tabla 1. Características poblacionales

Partido	Superficie (km ²)	Total de población		Variación intercensal
		Año 2001	Año 2010	(%)
San Miguel	82,7	253.086	281.120	10
Moreno	186,3	380.503	462.242	18

Fuente: INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, 2001 y 2010.

Como puede observarse, en diez años la población de San Miguel ha aumentado en un 8%, y la de Moreno, en un 10%. Considerando las superficies totales de ambos partidos se puede decir que la densidad poblacional actual en San Miguel es de 3.060 hab/km², y la de Moreno, de 2.042 hab/km². Sin embargo, la población no se distribuye de forma homogénea. En el caso de San

Miguel se encuentra ubicada en las localidades de Santa María, San Miguel, Muñiz y el sector este de Bella Vista. En el partido de Moreno, las localidades más urbanizadas son Moreno, Trujui, el norte de Cuartel V y el sur de Paso del Rey.

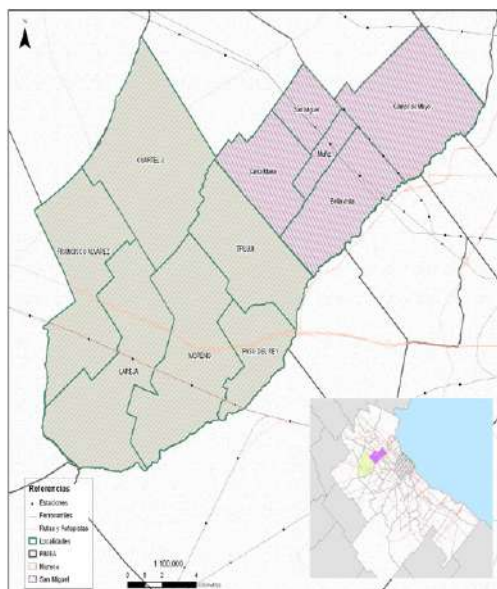
Debido a estos fenómenos de urbanización, la necesidad de contar con áreas verdes disponibles no solo tiene importancia en el sentido ecológico, sino que también representa una necesidad social que requiere de estudios a nivel local.

Para el presente estudio, los dos partidos han sido divididos en tres sectores, que se describen a continuación:

- Moreno: norte (Cuartel V), este (Trujui, Moreno y Paso del Rey) y oeste (Francisco Álvarez y La Reja).
- San Miguel: Campo de Mayo, San Miguel, Ciudad Santa María y Bella Vista.

En la Figura 1 se presenta la localización de los partidos a estudiar en la Región Metropolitana de Buenos Aires y las localidades que los conforman.

Figura 1. Area de estudio



Fuente: elaboración propia según datos del LABSIG.

Metodología

Las imágenes que se utilizaron fueron relevadas por el satélite Landsat Thematic Mapper Enhanced (ETM+) 7, correspondientes a la órbita 225-084, tomadas en los años 2000 y 2011⁴. Las mismas han sido descargadas del sitio del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Ministerio da Ciência, Tecnologia e Inovação⁵, y del sitio web de la National Aeronautics and Space Administration (NASA)⁶.

Las lecturas del Landsat 7 se realizan con el sensor ETM+, que dispone de ocho bandas o canales situados en diferentes rangos del espectro electromagnético, (Fernández Coppel, I. A. *et ál.*, 2001). A cada banda se le aplicó un realce de contraste por el desvío estándar y un filtro para afinar la luminosidad. Asimismo, se agrandó la resolución de cada píxel utilizando la imagen pancromática, logrando una mejora en la resolución general, por lo que se llegó a obtener píxeles de 15 m x 15 m.

Las imágenes fueron corregidas geométricamente tomando como referencia la información vectorial a nivel local, descargada del servidor de mapas del conurbano del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (LABSIG) de la Universidad Nacional de General Sarmiento⁷. Luego de la georreferenciación se realizaron diferentes combinaciones para resaltar la vegetación y mejorar el análisis visual de la misma, las cuales fueron: falso color compuesto (4-5-3) y falso color (4-3-2). Estas combinaciones tienen dos bandas en el infrarrojo (cercano y medio) y muestran a la vegetación en diferentes tonalidades de verde y rosa, que varían de acuerdo a las condiciones existentes y a la vigorosidad. Los demás elementos, como las áreas urbanas, se observan en azul claro, y el agua, en azul oscuro, y son bien diferenciados de la vegetación (Fernández Coppel, I. A. *et ál.*, 2001; Buzai, 2010).

Para distinguir los distintos tipos de áreas verdes se realizó una clasificación supervisada, para lo cual se identificaron de forma preliminar los sitios de control y se conformaron las firmas espectrales referentes a cuatro clases primarias: agua superficial, vías de comunicación, construcciones y cobertura vegetal. Dentro de la clase cobertura vegetal se subclasificó en herbáceas (cultivadas y no cultivadas) urbanas y rurales, arbolado (denso y disperso) urbano y rural y cobertura de ribera (humedales). Luego de obtener las áreas verdes,

⁴ Fechas de las imágenes analizadas: 04/02/2000 y 22/04/2011.

⁵ <http://www.inpe.br/>.

⁶ <http://glovis.usgs.gov/>.

⁷ <http://mapas-lsig.ungs.edu.ar/visor/map.phtml>.

se procedió a la ponderación de las mismas según las funciones ecológicas y sociales identificadas como más significativas en ámbitos urbanos y periurbanos (Guerrero y Culós, 2007). En cuanto a las funciones ecológicas, a continuación se presenta la matriz donde los diferentes servicios ecológicos fueron ponderados cualitativamente en una escala de 0 a 3 (Tabla 1):

Tabla 1. Matriz de ponderación de las funciones ecológicas

Tipo de espacio o vegetación predominante	Localización	Servicios ambientales								Relevancia
		Regulación hidrológica		Refugio de biodiversidad	Disminución de contaminación del aire			Regulación climática		
		Zona anegable naturalmente	Capacidad de retención de agua (lluvias)		Amortiguación de ruidos	Disminución de la concentración de CO y CO ₂ en el aire	Fijación de material particulado	Amortiguación de temperaturas	Barrera contra los vientos	
Herbáceas	Área urbana	1	1	1	0	1	1	0	0	5
	Área rural	3	2	2	0	1	0	0	0	8
Herbáceas cultivadas		2	2	1	0	1	1	0	0	7
Arbolado disperso	Área urbana	0	2	1	1	2	2	1	1	10
	Área rural	0	1	2	0	1	1	0	2	7
Arbolado denso	Área urbana	1	3	2	3	3	3	3	2	20
	Área rural	2	2	3	1	2	2	1	3	16
Humedal		3	1	3	1	3	2	2	0	15

Ponderación: 0 (no significativo); 1 (bajo); 2 (medio); 3 (alto).

Si bien la ponderación puede ser aplicada en las imágenes actuales para estimar la importancia de dichas áreas verdes, a partir de la identificación de la variación de la cobertura vegetal se pueden inferir los cambios en los usos del suelo y, por ende, la importancia de las funcionalidades que tenían dichos sectores. En general, esta variación (en lo referente al ámbito urbano y suburbano-rural) refiere a espacios territoriales, de alguna forma priorizados, donde se distribuyen funciones y recursos por parte de la gestión local o inversores privados (Lombardo, 2001).

A modo de ejemplo, en la Tabla 2 se desarrolla la ponderación del servicio de regulación hidrológica “Zona anegable naturalmente” según los tipos de vegetación.

Tabla 2. Ponderación del servicio de regulación hidrológica

Tipo de vegetación	Valoración	Descripción
Herbáceas urbanas	1	Bajo: en general, sus superficies son menores, fragmentadas, y las especies generalmente son de estructuras simples y estacionales, por lo que en conjunto no contribuyen a la regulación de dichas zonas.
Herbáceas rurales	3	Alto: se considera que es capaz de regular hidrológicamente, dadas las grandes superficies encontradas.
Herbáceas cultivadas	2	Medio: en general, los cultivos localizados en el conurbano no tienden a ubicarse en áreas anegables, sin embargo, sus funciones ecológicas se justifican según el total de superficie cubierta.
Arbolado disperso urbano	0	Insignificante: este valor se obtiene evaluando la superficie real de infiltración en zonas urbanas.
Arbolado disperso rural	0	Insignificante: la clasificación responde a aquellas zonas no urbanas que no son naturalmente anegables, donde la superficie real de infiltración es insignificante.
Bosque denso urbano	1	Bajo: en general, tienen superficies bajas, por lo que su contribución a la regulación es baja.
Bosque denso rural	2	Medio: esta clasificación responde a aquellas zonas no urbanas pero que presentan grandes superficies cubiertas.
Humedales	3	Alto: esta clase de sistemas son los que cumplen con mayor eficacia la función de regulación hidrológica (Morello, 2000).

Ponderación: 0 (no significativo); 1 (bajo); 2 (medio); 3 (alto).

En cuanto a las funciones sociales que prestan las distintas áreas verdes urbanas, se establecieron las siguientes categorías (Arenas, J. M. *et ál.*, 2010): Recreativas, Deportivas, Educativas, Socioculturales y Terapéuticas. Las ponderaciones de dichas categorías se realizaron según el acceso (libre o restringido) a las áreas con cobertura vegetal previamente identificadas. A continuación se presenta la matriz de ponderación de las diferentes funciones sociales en una escala de 0 a 3 (Tabla 3):

Tabla 3. Matriz de ponderación de las funciones sociales

Acceso	Tipos de vegetación	Localización	Servicios sociales					Relevancia
			Recreativas	Deportivas	Educativas	Socio-culturales	Terapéuticas	
Libre	Herbáceas	Urbanas	3	3	1	2	2	11
		Rurales	2	1	1	2	1	7
	Arbolado disperso	Urbano	2	1	1	0	0	4
		Rural	1	0	1	0	0	2
	Arbolado denso/ Bosque	Urbano	3	1	3	1	2	10
		Rural	1	0	1	1	2	5
	Humedal		0	0	2	0	0	2
Restringido	Herbáceas	Urbanas	1	1	0	1	0	3
		Rurales	0	0	1	0	1	2
	Arbolado disperso	Urbano	0	0	2	0	1	3
		Rural	1	0	1	1	0	3
	Arbolado denso/ Bosque	Urbano	0	0	0	0	0	0
		Rural	2	1	1	1	1	6
	Humedal	Urbanas	1	0	1	1	1	4

Ponderación: 0 (no significativo); 1 (bajo); 2 (medio); 3 (alto).

Del cuadro se obtiene que las áreas verdes localizadas en zonas urbanizadas y de acceso libre presentan mayor relevancia, ya que serán las que mayor demanda presenten para el desarrollo de los usos sociales.

Por último, se analizó la variación de la superficie de las áreas verdes entre el 2000 y el 2011. Para ello se utilizaron las imágenes clasificadas en grandes grupos convirtiendo a cada una de ellas en imágenes binarias, donde se le otorgó valor 1 a aquellas clases englobadas en la categoría “áreas verdes”, y al resto, valor 0. Posteriormente se utilizó la calculadora de ráster para aplicar las funciones de multiplicación y suma entre ambas imágenes. Con estos pasos se

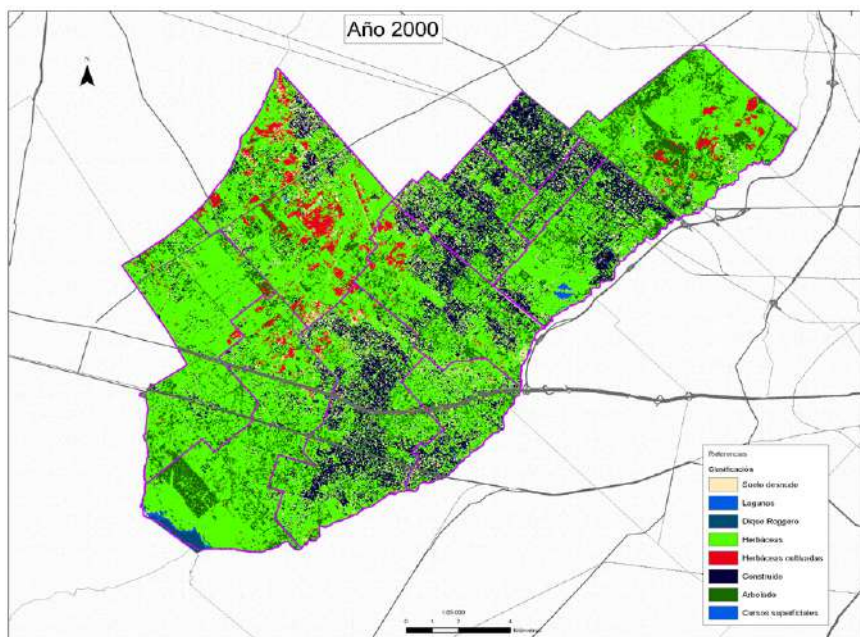
esperaba detectar aquellas zonas donde la cobertura vegetal se hubiera modificado o hubiera desaparecido.

Cabe aclarar que los procedimientos de tratamiento de imágenes, georreferenciación y clasificación fueron realizados utilizando el programa ERDAS Imagine 8.4. La aplicación de la calculadora de ráster y las salidas gráficas fueron realizadas con el programa ARCGIS 10.0 (ESRI).

Resultados

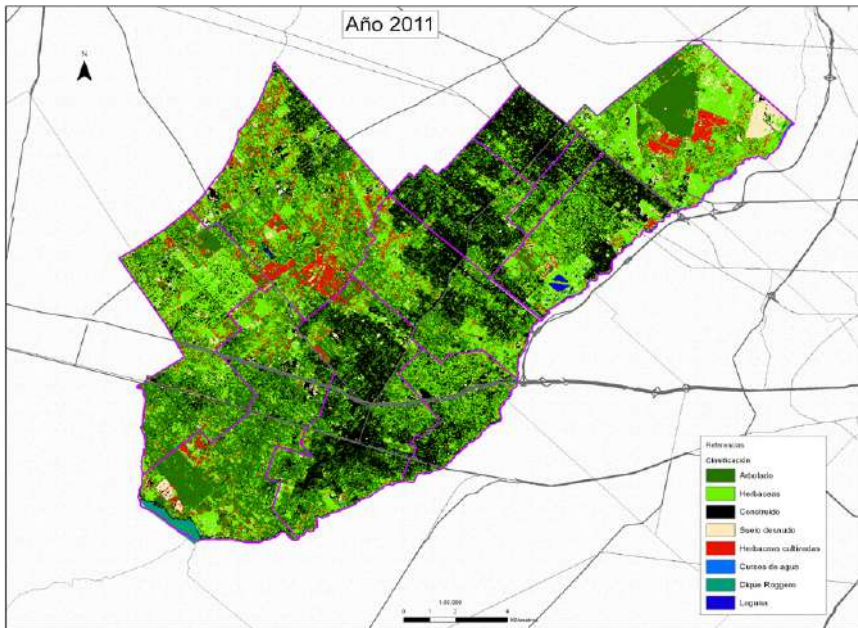
La clasificación supervisada permitió establecer las diferentes categorías. En las Figuras 2 y 3 se pueden observar las clases obtenidas para los años 2000 y 2011.

Figura 2. Imagen clasificada (2000)



Fuente: elaboración propia.

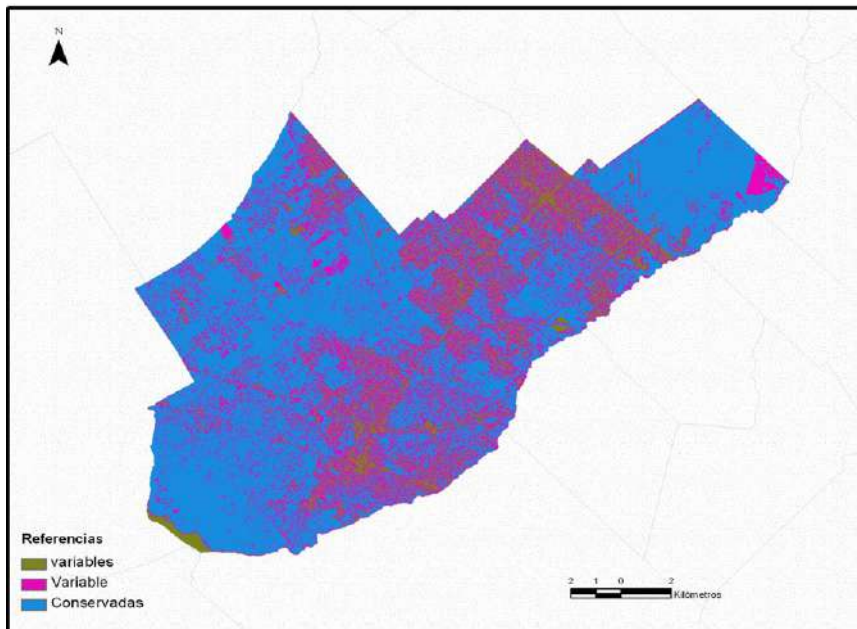
Figura 3. Imagen clasificada (2011)



Fuente: elaboración propia.

Las clasificaciones obtenidas fueron: Arbolado, Herbáceas, Herbáceas cultivadas, Suelo desnudo, Construido y Aguas superficiales (cursos, dique Roggero y lagunas). Como se mencionó en la metodología, se reclasificaron las imágenes en dos grandes grupos: con cobertura vegetal (valor 1) y sin cobertura vegetal (valor 0). Luego de realizar la codificación se utilizó la calculadora de ráster y se aplicó la función suma. En la Figura 4 se presenta la imagen con el resultado de la función entre las imágenes reclasificadas del 2000 y el 2011.

Figura 4. Imagen clasificada, resultado de la función suma (2000-2011)



Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse, la imagen presenta tres resultados: Nula o con poca cobertura vegetal, Variable y Conservada. El primer grupo de resultados (Nula: indicado en verde) presenta las zonas donde no se detectó cobertura vegetal en el 2000 ni en el 2011. Son los casos del dique Roggero, al suroeste de Moreno (a), el centro urbano de Moreno (b), las lagunas en San Miguel (c) y el centro urbano de San Miguel (d).

El segundo grupo (Variable: indicado en rosa) presenta las zonas donde se produjeron cambios en el uso del suelo, ya que en el 2001 se detectó cobertura vegetal y en el 2011 no se detectó, o a la inversa, es decir, se detectó cobertura vegetal en el 2011 que no estaba presente en el 2000. A modo de ejemplos, se pueden mencionar el sector este de Campo de Mayo (e), el sector norte de Cuartel V (f) y, en general, el oeste del partido de San Miguel.

El tercer grupo (Conservadas) presenta las zonas con cobertura vegetal presentes tanto en el 2000 como en el 2011, sin discriminar las subclases previamente identificadas.

De acuerdo con estos resultados se detectaron las principales zonas de variación, donde se observaron pérdidas o ganancias netas (grupo Variable), identificando a qué tipo de cobertura pertenecían a fin de aplicar las ponderaciones previamente establecidas. El grupo Conservadas también fue analizado ya que en estos sitios se pudo detectar el cambio entre tipos de cobertura vegetal, que presentan distintas aptitudes en cuanto a funciones ecológicas y sociales posibles de desarrollar.

Si bien identificar la variación de cobertura es el principal objetivo, también resultó interesante aplicar la ponderación de las áreas verdes urbanas detectadas en la imagen del 2011. En función de la identificación de las clases de coberturas vegetales se logró obtener su porcentaje relativo por sector. En la Tabla 4 se presentan los resultados de la aplicación de los coeficientes de ponderación para el año 2011.

Tabla 4. Ponderaciones al 2011

Ponderación	San Miguel			Moreno		
	Campo de Mayo	San Miguel y Santa María	Bella Vista	Norte	Este	Oeste
Herbáceas urbanas	-	62,5	62,5	2,5	2,5	5
Herbáceas rurales	80	-	-	76	480	296
Herbáceas cultivadas	-	-	-	4,2	91	35
Arbolado disperso urbano	-	125	250	20	10	20
Arbolado disperso rural	210	-	-	7	14	7
Bosque denso urbano	-	10	50	210	10	50
Bosque denso rural	240	-	-	16	-	128
Humedal	487,5	-	300	75	30	127,5

Presencia no significativa.

Como puede observarse, las diferentes clases de cobertura vegetal no están presentes en todos los sectores evaluados.

En San Miguel no se encuentran áreas de reservas ni cultivos. Particularmente, en el sector de Campo de Mayo (superficie total: 3.072 ha), localizado en San Miguel, se observa la presencia de humedales, herbáceas, arbolado disperso y arbolado denso. El sector de San Miguel y Ciudad Santa María tienen una superficie de alrededor de 3.758 ha. En dichas localidades se encuentran plazas,

herbáceas urbanas y arbolado disperso urbano, junto con las áreas completamente urbanizadas. En el 2000 las áreas verdes ocupaban el 41% de la superficie del sector, siendo urbano el 59% restante. El sector de Bella Vista ocupa 2.900 ha aproximadamente, donde se encontraron herbáceas urbanas y arbolado disperso urbano cercanos a la ribera del río Reconquista. El subsector con cobertura vegetal de Bella Vista ocupaba en el 2000 el 65% de su superficie, y el urbano, el 35%.

En Moreno, el sector norte es el menos urbanizado y alberga en su sector rural la mayor superficie de tierras cultivadas; el sector este es el más urbanizado (aunque con una buena dotación de quintas), mientras que el sector oeste alberga una reserva con una superficie significativa de bosque y un humedal. A excepción del sector norte, en este partido es posible encontrar representadas todas las clases de cobertura vegetal.

En la Tabla 5 se presenta un resumen que indica la ponderación de la variación del tipo de cobertura vegetal (perdida o ganada) para cada sector referida a los años 2000 y 2011.

Tabla 5. Ponderación de la variación de clase de vegetación

Ponderación	San Miguel			Moreno		
	Campo de Mayo	San Miguel y Santa María	Bella Vista	Norte	Este	Oeste
Herbáceas urbanas	NS	-62,5	-25	SV	SV	NS
Herbáceas rurales	SV	NS	NS	-24	-24	-80
Cultivos	NS	NS	NS	14	SV	SV
Arbolado disperso urbano	NS	-25	SV	SV	SV	SV
Arbolado disperso rural	SV	NS	NS	SV	SV	SV
Bosque denso urbano	NS	NS	NS	SV	NS	SV
Bosque denso rural	SV	NS	NS	SV	NS	SV
Humedales	-187,5	NS	NS	NS	NS	SV

SV: sin variación / NS: no significativo

En San Miguel, el sector de Campo de Mayo presenta una fuerte reducción del área de humedales debido a la presencia y el avance del centro de

disposición final Norte III de la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE); esto trae aparejada la pérdida de múltiples funciones ecológicas. En cuanto a las demás clases de cobertura, no tuvieron variaciones significativas. Particularmente, en el sector de San Miguel y Santa María hubo una reducción de hasta un 12,5% de las herbáceas urbanas y un 2,5% del arbolado disperso; las demás clases mantuvieron su distribución. En el sector de Bella vista, la cobertura de herbáceas urbanas disminuyó, pero las otras clases no tuvieron variaciones significativas. En el cuadro se observan las correspondientes ponderaciones que dan cuenta de las pérdidas de las funciones ecológicas, sobre todo en las áreas urbanizadas.

En cuanto a las funciones sociales, en el área de Campo de Mayo, donde se detectaron las mayores pérdidas de cobertura vegetal, no se identificaron variaciones de los servicios sociales, dado que Campo de Mayo se encuentra administrado por las Fuerzas Armadas y su uso es exclusivamente militar.

Otra de las situaciones observadas se refiere a los espacios públicos y la variación de su composición vegetal. Si bien las superficies con cobertura vegetal no varían, la presencia de árboles y el mantenimiento de las herbáceas influye en el desarrollo de actividades deportivas y recreativas; es el caso del corredor aeróbico aledaño a las vías férreas de la línea San Martín, en las localidades de Muñiz y Bella Vista.

En el sector norte de Moreno se observa una disminución de herbáceas rurales y un aumento de áreas cultivadas. Particularmente en la zona de Cuartel V, el avance de la agricultura periurbana sobre las zonas rurales poco o no explotadas generó la disminución de servicios ecológicos, y estos no fueron balanceados con los que brindan las nuevas áreas de cultivo. La distribución de las demás clases se mantuvo constante. En el área este no se encuentran grandes variaciones; solo en la clase de herbáceas rurales se observan disminuciones de superficie con esta clase de vegetación. En el área oeste se encontraron presentes todas las categorías de vegetación en diversos porcentajes y no presentan variaciones sustanciales, a excepción de la clase herbáceas rurales.

En cuanto a los usos sociales, se identificó un área boscosa que refiere a la Reserva Municipal de Moreno, que además de las funciones ecológicas más relevantes brinda servicios sociales a nivel regional, ya que ofrece recorridos a los visitantes del predio.

Los resultados indican que en Moreno la variación de la superficie con diferentes coberturas vegetales no necesariamente balancea los servicios ecológicos y aquellos servicios sociales que se pierden o se ganan en plazos de tiempo

medianos. De esta manera se puede inferir un avance de las zonas edificadas en el período seleccionado, dada la expansión de las redes de comunicación en detrimento de las zonas verdes. Este crecimiento se ve acompañado por un desarrollo, en los intersticios vacantes, de redes de autopistas y rutas (Acceso Oeste, Ruta Nacional 202, Ruta Provincial 197, Camino del Buen Ayre), y en menor medida alrededor de las líneas férreas.

Conclusiones

En los dos partidos estudiados ha disminuido la cobertura herbácea y arbórea, básicamente por el avance de las urbanizaciones. En San Miguel se suma como causa de dicha pérdida la ubicación de rellenos sanitarios. Sin embargo, en Moreno se encuentra que la disminución de las herbáceas rurales ocurre por los procesos de urbanización más recientes y el aumento de las áreas cultivadas. Asimismo, se han observado procesos de densificación en sectores urbanos.

La identificación de áreas con cobertura vegetal aledaña a cuerpos de agua, naturalmente anegables y contiguas a superficies actualmente urbanizadas, permite inferir que dichas áreas se encuentran ocupadas por viviendas precarias agrupadas en asentamientos informales. Esto último genera situaciones de vulnerabilidad dado que no son regiones aptas para el asentamiento poblacional. Un ejemplo que logra visualizarse es el del asentamiento informal ubicado en la zona próxima al centro de disposición final Norte III, a la vera de la autopista Camino del Buen Ayre, en el suroeste de Campo de Mayo.

Si bien este trabajo nos ha permitido identificar clases de vegetación, analizar su evolución en el tiempo y, asimismo, valorar las superficies detectadas mediante la ponderación de sus funciones ecológicas, se espera que sea una contribución para la planificación del uso de dichos recursos.

Bibliografía

- Arenas, J. M.; Hernández, J. y Pardo, R. (2010) *Public of metropolitan and periurban natural spaces*. Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2011) *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Perspectiva científica. Temáticas de base ráster*. Tomo I. Buenos Aires, Lugar Editorial.

- Chuvieco Salinero, E. (2002) *Teledetección ambiental, La observación de la Tierra desde el espacio*. Barcelona, Ariel.
- Fernández Coppel, I. A. y Herrero Llorente, E. (2001) *Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+*. Satélite Landsat.
- Guerrero, M. y Culós, G. (2007) “Indicadores ambientales en la gestión de espacios verdes. El parque Cerro La Movediza. Tandil, Argentina”. En *Espacios*, Vol. 28, N.º 1.
- Lombardo, J. D.; Di Virgilio, M.; Fernández, L.; Da Representação, N. y Bruschi, V. (2001) “La conformación del espacio urbano en un país de economía emergente. El caso de cinco municipios en la Región Metropolitana de Buenos Aires”. En *Cadernos Metrópole*, N.º 6, pp. 105-134.
- Ministerio de Economía y Producción. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001. Base de datos REDATAM +SP.
- Morello, J. (2000) “Manejo de agrosistemas periurbanos”. M10, Maestría GADU, FAUD-UNMDP.

Referencias en línea

<http://glovis.usgs.gov/>

<http://mapas-lsig.ungs.edu.ar/visor/map.phtml>

www.inpe.br

3. Creación de una Infraestructura de Datos Espaciales para el conurbano bonaerense

Nicolás Caloni¹ y Marina Miraglia²

Resumen

El Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (LABSIG) de la Universidad Nacional de General Sarmiento (Argentina), desde el momento de su creación, ha tenido una sostenida demanda de información espacial por parte de los equipos de investigación que tienen sede institucional en el Instituto del Conurbano, y a ella se ha sumado una creciente demanda externa correspondiente a una sociedad que requiere cada vez más información actualizada y confiable. Por este motivo, en el LABSIG nos hemos planteado la necesidad de implementar una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) sobre el conurbano bonaerense (área comprendida por la Ciudad de Buenos Aires y los 24 partidos que la rodean).

Una IDE procura facilitar el acceso y la integración de la información espacial entre múltiples usuarios. La constitución de una IDE requiere de un marco institucional, una política de datos, un sistema tecnológico que actúe de soporte y un acuerdo en materia de estándares que permita la compartición de la información entre los diferentes usuarios. En referencia a los estándares, hemos optado como perfil de metadatos la propuesta desarrollada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), conocida por sus siglas en inglés como LAMP (Latin America Metadata Profile. En castellano: Perfil Latinoamericano de Metadatos).

¹ Universidad Nacional de General Sarmiento - ICO - LABSIG. E-mail: ncaloni@ungs.edu.ar.

² Universidad Nacional de General Sarmiento - ICO - LABSIG. E-mail: mmiragli@ungs.edu.ar.

En el presente trabajo se describirán las principales acciones metodológicas llevadas a cabo para la implementación de una IDE regional. Entendemos que la utilización de la IDE por parte de la ciudadanía en su conjunto permitirá extender el conocimiento y el uso de la información geográfica en gran variedad de situaciones.

Antecedentes

A principios del año 2010 se encaró una reestructuración en el LABSIG de la Universidad Nacional de General Sarmiento, en especial con la incorporación de profesionales especializados en SIG y personal técnico con experiencia en áreas municipales de SIG, lo cual posibilitó iniciar un proceso de modernización en la utilización de software, con la ayuda inestimable del software libre.

En el transcurso del primer año de esta nueva etapa se lograron dos grandes objetivos, que combinaron el uso de software privativo y libre. Por un lado, se logró realizar una recopilación y sistematización de la información geográfica y, posteriormente, la generación de una base de datos geoespacial. Estos trabajos fueron presentados ante las autoridades universitarias y a la comunidad oportunamente, y han sido el punto de partida de este nuevo trabajo que pretende constituir una IDE para el conurbano bonaerense. A continuación haremos una breve descripción de las tareas realizadas.

1. Recopilación y sistematización de la información geográfica existente

En el LABSIG se desarrolló una tarea de recopilación, unificación y sistematización de datos existentes en distintos formatos y niveles de cobertura. Este trabajo demandó aproximadamente un año, y tuvo como finalidad poner a disposición de quien lo necesitara un mapa base de buena calidad con información básica, como límites, infraestructura y equipamiento, sumado a ciertas variables provenientes de los censos nacionales de población, hogares y viviendas para los años 1991 y 2001. Habiendo cumplido esta etapa, se emprendieron dos tareas: la creación de una base de datos geográfica y la actualización del visor de mapas interactivo.

2. Base de datos geográfica

La migración de la información geográfica sistematizada y unificada hacia una base de datos geoespacial se consideró la tarea más importante en la modernización del Laboratorio, y sobre ella se construyeron el resto de los objetivos. Entendimos que una base de datos geográfica (geodatabase en ARCGIS) brinda la posibilidad de un manejo más flexible en la administración de la información, de los usuarios y de los permisos, así como también del uso de herramientas disponibles en ARCGIS, las cuales solo funcionan con este tipo de almacenamiento, como la posibilidad de establecer dominios y subtipos. Disponer de los datos geográficos en una base de datos espacial supone un aumento de la información disponible y de las posibilidades de realizar geoprocесamientos. El producto obtenido es una base de datos espacial normalizada y homogénea.

La información disponible es la siguiente:

- Partidos integrantes del conurbano: 24 partidos + Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Información por partido: 12 capas de información geográfica por partido. 280 capas de información geográfica procesadas.
- Región: (conurbano + provincia de Buenos Aires). 10 capas procesadas.

3. Actualización del visor de mapas web

La segunda etapa de actualización estuvo orientada a dotar de nuevas funcionalidades al visor de mapas interactivo, realizado íntegramente con software libre, desde el sistema operativo del servidor, pasando por el gestor de contenidos web, hasta el renderizador de mapas (Mapserver) y el *framework* (Pmapper). Se implementó un nuevo sistema más dinámico e integrado, con herramientas orientadas a facilitar el trabajo del usuario, posibilitando incluso la descarga de información geográfica en formato *shape* (.shp).

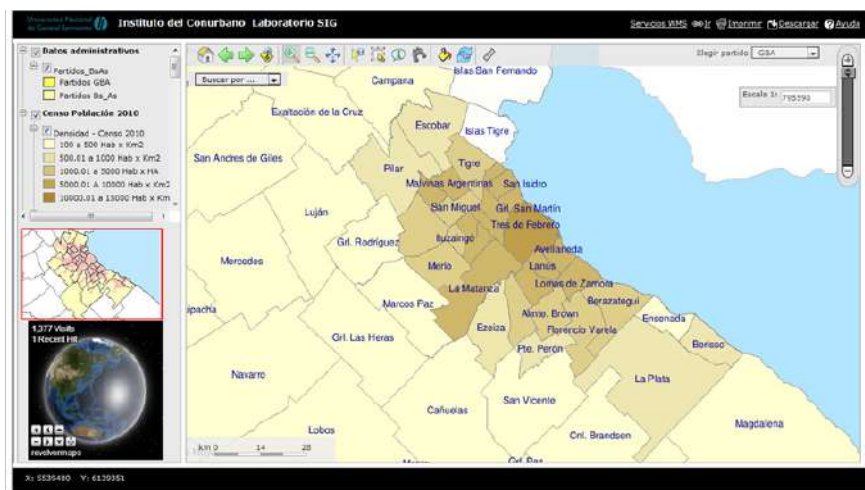
En este sentido debemos destacar que los servicios del Laboratorio están orientados a cumplir con las normas establecidas para lograr una interoperabilidad entre sistemas, datos y programas. Es fundamental aclarar esto, ya que el fin último es conformar o ser parte de una IDE nacional. A su vez, brindamos servicios dentro de los cuales se encuentra la publicación de información geoespacial en formatos estándar.

Así es como se implementó el Servicio de Mapas Web, conocido por sus siglas en inglés como wms (Web Map Service), que permite la integración de

la información brindada por el Laboratorio con programas SIG de escritorio, como ARCGIS, GVGIS o Quantum, entre otros.

A continuación, en la Figura 1 se observa la pantalla principal del visor de mapas web.

Figura 1



Definición de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE).

Conceptualmente, una IDE se describe como un conjunto relacionado de tecnologías, políticas, acuerdos institucionales, recursos y procedimientos estandarizados de trabajo, cuyo objetivo principal es asegurar la cooperación para hacer accesible información (sobre una base geográfica).

La información geográfica (uno de los objetos centrales de una IDE) resulta un elemento fundamental para el desarrollo de las sociedades, el uso racional de sus recursos naturales, la conservación del medio natural y la calidad de vida de las poblaciones insertas en ese medio, esencialmente por constituirse como una herramienta de suma importancia en los procesos de toma de decisión.

Las IDE brindan una base para la búsqueda, evaluación y aprovechamiento de la información geográfica para usuarios y generadores de todos los niveles de la administración pública, organizaciones sin fines de lucro, ámbito académico y ciudadanos en general, incluso empresas privadas.

En definitiva, una IDE es mucho más que un simple conjunto de información o bases de datos accesibles. Una IDE almacena y administra datos y atributos geográficos lo suficientemente bien documentados para lograr su aplicabilidad y confiabilidad, y posibilita un medio sencillo de búsqueda, visualización y evaluación a través de catálogos y servidores de mapas, entre otros servicios potenciales.

Principios para el establecimiento de una IDE

Todas las iniciativas conocidas para el establecimiento de una IDE incluyen unos principios comunes, como un marco institucional, la definición de estándares y la tecnología a emplear, y finalmente una política de datos. A continuación se describen las características que estos principios han tomado en nuestro caso de aplicación:

- **Marco institucional:** se entiende a partir de la definición de acuerdos entre los generadores de información geográfica, especialmente entre los productores oficiales, para proveer y mantener los datos espaciales fundamentales, utilizados por la mayoría de las aplicaciones basadas en SIG. En el caso del Instituto del Conurbano, se acordó que será el LABSIG quien centralice la información geográfica producida por dicho organismo, con la responsabilidad en su edición, mantenimiento y actualización a través del acuerdo establecido con las distintas áreas del Instituto.
- **Estándares:** hace referencia al establecimiento de normas a las que deberá ajustarse la información geográfica, los intercambios de esta y la interoperabilidad de los sistemas que la manejan. Los estándares y acuerdos constituyen un fundamento imprescindible que hace posible la coherencia, compatibilidad e interoperabilidad necesarias para que los datos, servicios y recursos de una IDE puedan ser utilizados, combinados y compartidos.
- **Tecnología:** se establece la red y los mecanismos informáticos que permitan buscar, consultar, acceder, suministrar y usar los datos espaciales o geográficos. Se apuesta por Internet como soporte de la IDE. Para su funcionamiento es necesario mencionar dos conceptos fundamentales: los metadatos, que serán el índice que describa los

datos, y la interoperabilidad, paradigma actual para el intercambio de información en sistemas informáticos distribuidos. Ambos conceptos se describirán posteriormente.

- **Política de datos:** el establecimiento de las políticas, alianzas y acuerdos de colaboración son necesarios para aumentar la disponibilidad de datos espaciales y compartir los desarrollos tecnológicos. En este caso, desde el LABSIG se procurará la generación de acuerdos con las distintas áreas del Instituto del Conurbano, así como también con los demás Institutos integrantes de la Universidad, a los fines de unificar y centralizar la publicación de la información geográfica generada en el organismo.
- **Componentes:**
 - **Datos:** se clasifican en datos de referencia y datos temáticos. Los datos de referencia son aquellos datos georreferenciados fundamentales que sirven de esqueleto para construir o referenciar cualquier otro dato fundamental o temático. Constituyen el marco de referencia que proporciona el contexto geográfico a cualquier aplicación. En tanto, los datos temáticos hacen referencia a aplicaciones específicas con una finalidad concreta; incluyen valores cualitativos y cuantitativos que se corresponden con atributos asociados a los datos de referencia, como por ejemplo: población, salud, empleo, vegetación, transporte, contaminación, etc.
 - **Metadatos:** son datos acerca de datos, de cualquier tipo y medio. Son datos que describen otros datos. Por ejemplo, el metadato podría documentar atributos (nombre, tamaño, tipo de dato, etc.), las estructuras de los datos (longitud, columnas, campos, etc.) y datos sobre datos (dónde está localizado, cómo está asociado, etc.). Como parte fundamental de una IDE, los metadatos deben ser generados según los estándares vigentes que especifican su contenido y forma.
 - **Servicios:** en un contexto de interoperabilidad, se denomina servicios web (Web Services) a un conjunto de tecnologías basadas en la interoperatividad y que cumplen una serie de opciones: son abiertas, neutras con respecto a la plataforma y explotan la arquitectura de la web. Están pensados para crear servicios distribuidos que funcionen de forma autónoma y que deben comunicarse o colaborar entre ellos.

Introducción y definición del perfil de metadatos

Consideramos estratégica la integración a una futura IDE nacional, y al no existir a la fecha una normativa a este nivel, utilizaremos como marco de integración el núcleo de la norma ISO 19115, que se detallará más adelante.

Tomaremos como base un trabajo existente (muchas secciones son transcripciones textuales) realizado en el marco del Proyecto Sistema de Información Geográfica de la República Argentina (PROSIGA), donde se definió un perfil de metadatos para la Argentina, y se tendrá como referencia el perfil LAMP, desarrollado por el IPGH (Instituto Panamericano de Geografía e Historia), presentado en el Simposio IDE América, en noviembre de 2007.

Por otro lado, en una recorrida no exhaustiva de los portales de las IDE provinciales existentes, se encontró una amplia diversidad en relación con los perfiles adoptados. Si bien la mayoría toma las normas ISO de generación de metadatos, en pocos casos se encontró la documentación que describa la metodología o fundamentación para la elección y descarte de secciones e ítems del perfil.

Uno de los más detallados, además del PROSIGA, es el de IDEBA (IDE de la provincia de Buenos Aires), que toma como perfil el núcleo de la norma ISO 19115. Otro perfil definido con rigor y documentado correctamente es el de la IDEF (IDE de Formosa)³, que extiende el contenido de núcleo agregando elementos tanto obligatorios como opcionales y condicionales.

En vías de la integración a una futura IDE nacional, como institución formadora orientada a la difusión de los conocimientos y buenas prácticas aprendidas, vemos imprescindible que las aplicaciones y la información publicada cumplan con las normas internacionales de interoperabilidad, asegurando que no se dupliquen esfuerzos y que el trabajo realizado sea de utilidad para el resto de la comunidad.

El estándar ISO 19115 establece cómo deben ser descriptos los datos geográficos. Es una norma que está estructurada en secciones, que a su vez se dividen y componen de entidades, y estas a su vez están formadas por elementos. Estos últimos son las unidades mínimas de un metadato; cada elemento podríamos definirlo como un ítem que se refiere a un aspecto específico del dato.

Los elementos también se dividen en tres clases: obligatorios (aquellos que deben completarse indefectiblemente), condicionales (aquellos que deben cumplir determinada condición para ser incluidos) y opcionales (aquellos que se incluyen según se considere necesario para aclarar algún aspecto en particular).

³ <http://idef.formosa.gob.ar/>.

Como dijimos anteriormente, la ISO 19115 establece un mínimo de elementos que todo metadato debe cumplir para estar ajustado a la norma. Dicho conjunto se conoce con el nombre de “Núcleo”, y está integrado por veintidós ítems, que son:

1. **Título del conjunto de datos (obligatorio):** título descriptivo, que incluya información sobre la temática, localización, escala, organismo productor o responsable, etc.
2. **Fecha de referencia del conjunto de datos (obligatorio):** fecha en que se publicó, actualizó o generó el conjunto de datos.
3. **Parte responsable del conjunto de datos (opcional):** información que permita identificar a los responsables del conjunto de datos.
4. **Localización geográfica del conjunto de datos (condicional):** coordenadas geográficas máximas y mínimas en latitud y longitud.
5. **Idioma del conjunto de datos (obligatorio):** idioma en el que se completaron los datos.
6. **Conjunto de caracteres del conjunto de datos (condicional):** codificación de caracteres utilizados en el conjunto de datos.
7. **Categoría del tema del conjunto de datos (obligatorio):** temática que representan los datos dentro de un listado de categorías.
8. **Resolución espacial del conjunto de datos (opcional):** suele expresarse como la escala equivalente de la representación espacial.
9. **Resumen descriptivo del conjunto de datos (obligatorio):** resumen del contenido del conjunto de datos; debe incluir la información más completa posible.
10. **Formato de distribución (opcional):** formato digital en que se encuentran y distribuyen los datos.
11. **Información adicional de la extensión del conjunto de datos (opcional):** brinda información sobre la extensión temporal y/o vertical.
12. **Tipo de representación espacial (opcional):** debe especificarse si se trata de datos representados en formato vectorial, ráster, TIN, hojas o tablas de cálculo, modelos estereoscópicos, etc.

13. **Sistema de referencia (opcional):** sistema de referencia utilizado en la representación de los datos.
14. **Linaje (opcional):** origen y metodologías empleadas para la generación/ actualización de los datos.
15. **Recurso en línea (opcional):** dirección URL donde pueden obtenerse los datos o mayor información sobre ellos.
16. **Identificador del archivo de metadatos (opcional):** identificador alfanumérico del metadato.
17. **Nombre del estándar de metadatos (opcional):** en el caso del perfil del LABSIG se utilizó el estándar ISO 19115.
18. **Versión del estándar de metadatos (opcional):** la versión utilizada para este perfil es la 1.0 del año 2003.
19. **Idioma del metadato (condicional):** Idioma utilizado para completar los metadatos.
20. **Conjunto de caracteres de los metadatos (condicional):** codificación de caracteres utilizados al completar los metadatos.
21. **Punto de contacto para los metadatos (obligatorio):** información sobre el responsable de los metadatos.
22. **Fecha de creación de los metadatos (obligatorio):** fecha en la que se crearon los metadatos.

El perfil de metadatos del LABSIG está basado en el LAMP, desarrollado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Venezuela para el Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Tanto el LAMP como el perfil del LABSIG cumplen con el núcleo de la norma ISO 19115.

Servicios que brinda la IDE

Información disponible

A continuación, en la Tabla 1 se describe la información disponible en la IDE del LABSIG del conurbano bonaerense.

Tabla 1

Partidos del conurbano	Bases de datos disponibles y servicios WMS
1. Almirante Brown 2. Avellaneda 3. Berazategui 4. Esteban Echeverría 5. Ezeiza 6. Florencio Varela 7. General San Martín 8. Hurlingham 9. Ituzaingó 10. José C. Paz 11. La Matanza 12. Lanús 13. Lomas de Zamora 14. Malvinas Argentinas 15. Merlo 16. Moreno 17. Morón 18. Quilmes 19. San Fernando 20. San Isidro 21. San Miguel 22. Tigre 23. Tres de Febrero 24. Vicente López	● Localidades ● Barrios ● Urbanizaciones ● Asentamientos ● Espacios verdes ● Manzanas ● Calles ● Radios censales 1991 ● Radios censales 2001 ● Radios censales 2010 ● Instituciones educativas ● Centros de salud ● Industrias
Para la región	Bases de datos disponibles y servicios WMS
	● Límite de partidos ● Usos del suelo ● Mancha urbana ● Cursos y espejos de agua ● Cuencas hidrográficas ● Curvas de nivel ● Red vial (autopistas, rutas y avenidas) ● Red ferroviaria ● Estaciones de FF. CC.

3. Creación de una Infraestructura de Datos Espaciales para el conurbano bonaerense

Origen en el proyecto de investigación (información censal estandarizada) para el conurbano bonaerense	Bases de datos disponibles y servicios WMS
	● Primario completo ● Secundario completo ● Terciario completo ● Universitario completo ● Agua de red ● Agua de pozo ● Calidad de los materiales I ● Calidad de los materiales II ● Calidad de los materiales III ● Calidad de los materiales IV ● Calidad de los materiales V
Información censal 2010 disponible para el conurbano bonaerense	Bases de datos disponibles y servicios WMS
Origen en el proyecto de investigación (información censal estandarizada) para el conurbano bonaerense.	● Densidad de población ● Variación intercensal ● Índice de masculinidad ● Población de 1 a 14 ● Población de 15 a 64 ● Población mayor de 65 ● Índice de dependencia potencial ● Población nacida en el extranjero ● Analfabetismo ● Población +3 años que usa PC ● Viviendas cada mil habitantes ● % hogares con agua de red ● % hogares sin agua en vivienda ● % hogares con desagüe a cloacas
	● % hogares con baño en vivienda ● % hogares con baño con descarga ● % hogares con gas de red ● % hogares con heladera ● % hogares con celular ● % hogares con computadora

Fuente: elaboración propia.

En la actualidad hemos publicado un total de 308 capas de información geográfica para el conurbano bonaerense y sus partidos integrantes.

Búsqueda centralizada

Esta herramienta consiste en brindar un servicio de búsqueda por tema o palabra clave, lo cual logra ser de fácil aplicación y uso. A partir de una palabra clave, el motor de búsqueda reportará toda la información existente en los diversos formatos, tanto para documentos de texto como para tablas de datos o mapas web. A continuación, en la Figura 2 se visualiza un ejemplo para la búsqueda de asentamientos en el partido de José C. Paz.

Figura 2



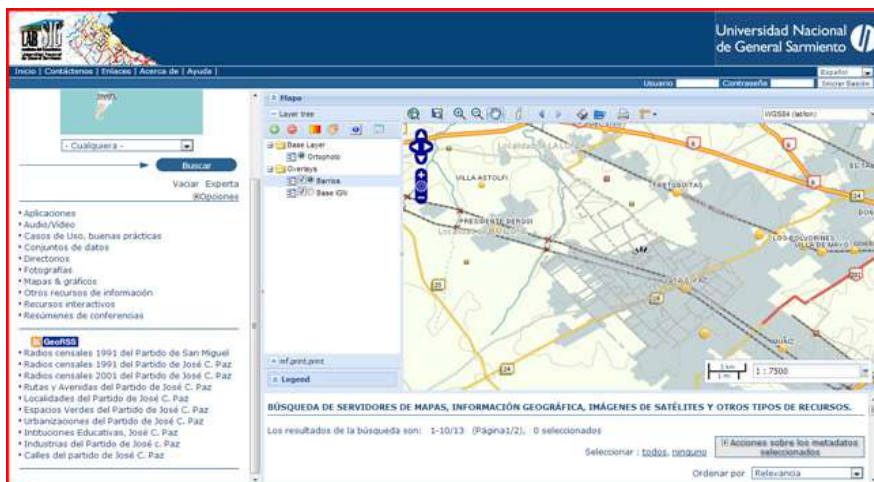
Fuente: elaboración propia.

Conjunto de datos

A partir de una búsqueda se puede acceder al conjunto de datos descriptos en el cuadro anterior, accediendo a la visualización en un mapa interactivo de la información geográfica disponible, logrando la superposición de diferentes capas temáticas propias, como así también de servicios de datos externos.

A continuación se describe en la Figura 3 una visualización de los límites de los barrios del partido de José C. Paz, con una superposición del mapa base del servicio WMS provisto por el Instituto Geográfico Nacional de la Argentina.

Figura 3



Fuente: elaboración propia.

Los Servicios Web (interoperabilidad)

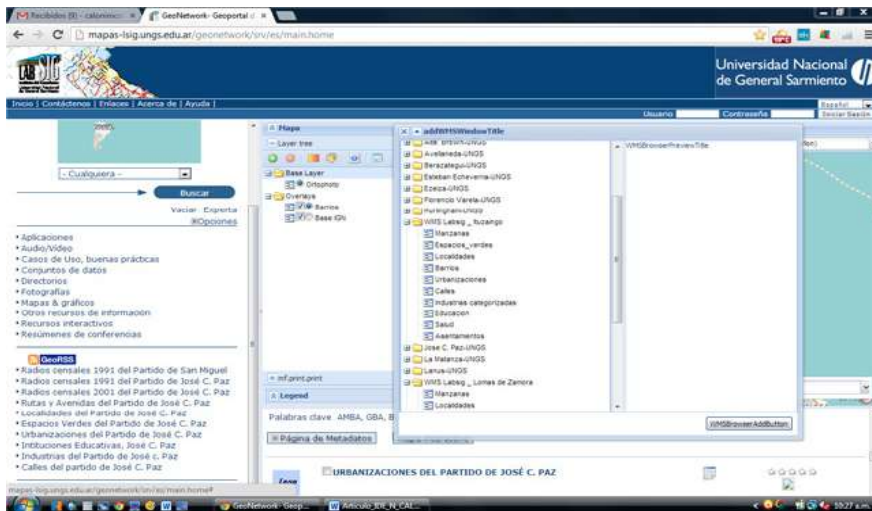
Comúnmente, se entiende por interoperatividad “la capacidad para comunicar, ejecutar programas o transferir datos entre varias unidades funcionales, de forma que un usuario necesite pocos conocimientos de las características de estas unidades”⁴. Para que dos sistemas diferentes puedan comunicarse e intercambiar información, primero deben avisar de su existencia y de su voluntad para el intercambio, y luego deben utilizar una semántica adecuada para resolver los problemas técnicos que puedan presentarse.

En este contexto, se denomina Servicios Web (Web Services) a un grupo de tecnologías basadas en la interoperatividad y que cumplen una serie de condiciones: son abiertas, neutras con respecto a la plataforma y explotan la arquitectura de la web. Estas tecnologías están pensadas para crear servicios distribuidos, que funcionen de forma autónoma y que deben comunicarse o colaborar entre ellos.

⁴ Ver el documento sin fechar de la European Territorial Management Information Infrastructure (ETMII) sobre interoperatividad. Traducido al catalán en <http://www.geoportal-idec.net/geoportal/cat/docs/interoperativitat.pdf>. [Consultado el 31 de marzo de 2004].

Finalmente, se observa en la Figura 4 la ventana de acceso a los servicios wms de que dispone la IDE para los partidos del conurbano y para la región.

Figura 4



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Se ha logrado evidenciar a lo largo de este trabajo la voluntad expresa por parte de la Universidad Nacional de General Sarmiento, a través de su Laboratorio en Sistemas de Información Geográfica, de poner a disposición del conjunto de la sociedad información geográfica sistematizada, actualizada y de calidad. Hemos mostrado el camino recorrido, atravesando las diferentes etapas, que hoy nos permite presentar y compartir la Infraestructura de Datos Espaciales del LABSIG. Como ya hemos mencionado, es un desafío integrarlos a una estructura mayor a nivel nacional con el objetivo de llegar cada vez a más usuarios.

Por último, entendemos que las ventajas de la interoperatividad se visualizan claramente cuando existe una decisión política e institucional de compartir los datos, no solo al interior de la institución sino también con el resto de la comu-

nidad, logrando así una real transferencia de conocimientos e información que apoya el proceso de toma de decisiones y de empoderamiento de nuestra sociedad.

Bibliografía

- Capdevila i Subirana, J. (2003) “Infraestructura de Datos Espaciales (IDE). Definición y desarrollo actual en España”. En *Scripta Nova*, revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Vol. VIII, N.º 170 (61). Universidad de Barcelona.
- Mejía Avila, D. (2008) “Sistemas de Información Geográfica. Infraestructura de Datos Espaciales y educación”. En *Mapping*, ISSN 1131-9100, N.º 125, pp. 42-49.
- Moreno Segura, E. L. (2010) “Análisis espacial para la identificación de zonas con prioridad de intervención para el desarrollo y mejoramiento del centro histórico de Tegucigalpa y Comayagüela”. En revista *Posgrados*, UNAH, Año 4, N.º 4, pp. 164-176.

Referencias en línea

- Guimet, J. (2003) El proceso de creación de la Infraestructura de Datos Espaciales de Cataluña (IDEC): inercias y sinergias. Disponible en: http://www10.gencat.net/dursi/generados/catala/departament/recurs/doc/cis05_guimet.pdf.

4. Avances técnico-metodológicos en los geoservicios del LABSIG-UNGS

Andrés Juárez¹ y Vicente Deluca²

Resumen

El campo del software es muy dinámico y las tecnologías quedan obsoletas o atrasadas rápidamente. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) no están al margen de esta tendencia. Por ello, en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (LABSIG) intentamos actualizar nuestras herramientas de manera periódica, para responder a los nuevos interrogantes que se plantean sobre el territorio. Dos campos de investigación son posibles en estas áreas. Por un lado, en las metodologías: que respondan las preguntas; y por otro lado, en las herramientas: programas que ayuden a aplicar las metodologías.

Introducción

En el presente trabajo describiremos brevemente los avances logrados en el LABSIG del Instituto del Conurbano (ICO) de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS). Para poder hablar de avances tenemos que pensar que en algún momento hubo un inicio y luego un recorrido que denotará el avance hasta, al menos, la ubicación actual. Es decir, si hubo un avance es porque existió un punto de partida y un camino recorrido que nos condujo al estado actual.

Por otro lado, no consideramos el estado actual como una meta alcanzada, sino como un hito de nuestra ruta de trabajo, que esperamos no tenga un final pero sí que esté guiada siempre por un “fin”, el de brindar el apoyo necesario

¹ UNGS-LABSIG. E-mail: vdeluca@ungs.edu.ar.

² UNGS-LABSIG. E-mail: albertoandres.juarez@gmail.com.

a los usuarios de todos los sectores que requieran de información geográfica para desempeñarse en sus actividades. Es necesario destacar que esta apertura se da no solo hacia el interior de la UNGS sino también hacia la comunidad en general, y particularmente con otras instituciones educativas que no cuentan con un laboratorio que satisfaga esas necesidades, ya sea para proyectos de investigación o para los alumnos que están en etapas de desarrollo de tesis. Remarcamos esto pues la orientación de gran parte de los adelantos está guiada por estas necesidades, internas y externas.

El punto de partida

Desde la reestructuración del LABSIG, con su cambio de coordinador y la llegada de nuevos integrantes, los servicios que ofrecía se han ido modernizando con la ayuda del software libre.

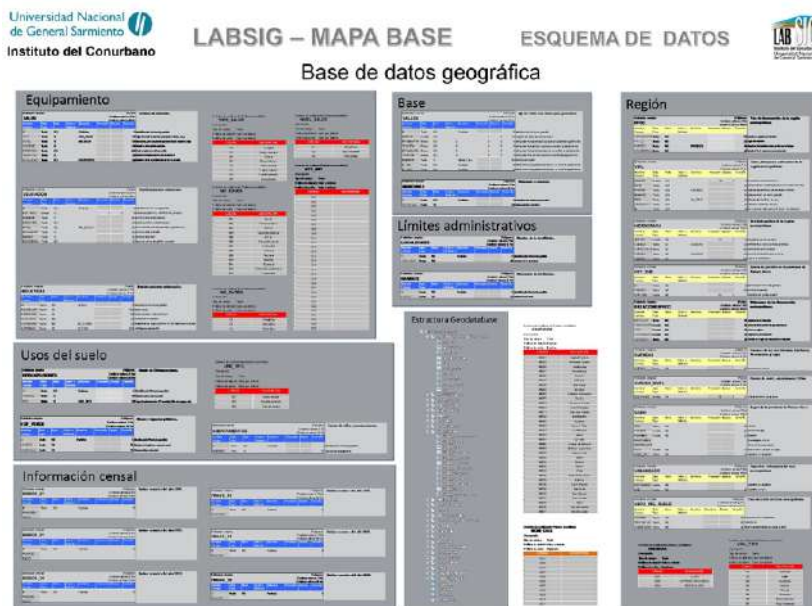
En el transcurso del primer año de esta nueva etapa se lograron dos grandes objetivos, que combinaron el uso de software privativo y libre. Estos trabajos fueron presentados oportunamente, y son el punto de partida de esta nueva presentación, pero para aclarar el contexto describiremos brevemente los principales puntos.

El LABSIG había comenzado una recopilación y unificación de datos que existían en distintos formatos y niveles de cobertura. Este trabajo demandó un año aproximadamente, y tenía como fin poner a disposición de quien lo necesitara un mapa base de buena calidad con información básica, como límites, infraestructura y equipamiento, más alguna información de los censos de 1991 y 2001. Con estos datos se emprendieron las dos unidades de trabajo inicial: por un lado, la creación de una base de datos geográfica, con el uso del software ARCGIS, y la actualización del visor de mapas interactivo, utilizando programas de código abierto y de uso libre.

La migración hacia una base de datos geoespacial se consideró como la piedra fundamental en la modernización del Laboratorio, y sobre ella se construyeron el resto de los objetivos. ¿Por qué el uso de una base de datos? Primero, porque brinda la posibilidad de un manejo más flexible en la administración de la información, de los usuarios y de los permisos, así como también del uso de herramientas disponibles en ARCGIS, y que solo funcionan con este tipo de almacenamiento, como la posibilidad de establecer domi-

nios y subtipos. El producto obtenido es una base de datos normalizada y homogénea (Figura 1).

Figura 1. Estructura de la base de datos geográfica del LABSIG, por partidos y por región (RMBA)

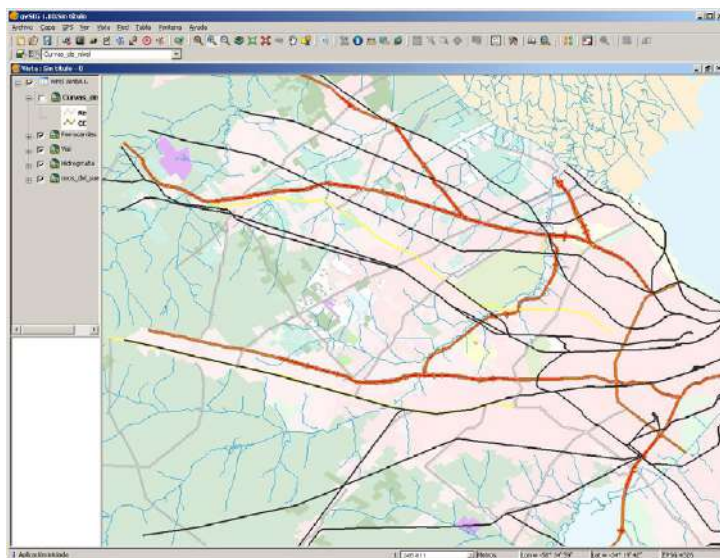


Fuente: elaboración propia.

Segundo, porque los programas de SIG están orientados desde hace unos años a trabajar con BD, y están abandonando el uso del Shapefile y otros formatos de archivos de sistema, para volcarse a los gestores de BD con soporte espacial, como Oracle, Informix y SQL Server. En el plano del software libre, el más avanzado de los gestores es PostgreSQL. Existen otras alternativas libres, pero tienen menos funcionalidades o son de uso muy específico.

La segunda etapa estuvo orientada a refuncionalizar el visor de mapas interactivo. Los servicios del Laboratorio están orientados a cumplir con las normas establecidas para lograr una interoperabilidad entre sistemas, datos y programas. Así es como se implementó el Servicio de Mapas Web (Figura 2).

Figura 2. Mapas brindados por el LABSIG mediante el estándar WMS, en el programa QGIS



Fuente: elaboración propia.

Líneas de trabajo del LABSIG

Básicamente, podemos distinguir cuatro líneas de trabajo que tienen como fundamento la facilitación de información:

- **Actualización de la información o mantenimiento de la base de datos:** una vez finalizada la migración de los datos del sistema de archivos Shapefile a la base de datos geográfica fue necesario implementar un cronograma de actualización de información, fundamentalmente en lo referido a equipamiento comunitario, como escuelas y centros de salud. Esta es una tarea difícil en el sentido de la obtención de los datos; es complicado obtener información.
- **Confeción de mapas a pedido:** si bien los servicios de mapas web intentan volcar hacia el usuario la posibilidad de confeccionar sus

propios mapas, en ocasiones los requerimientos son muy específicos y es necesario acudir a un usuario avanzado para lograr un mapa útil. En otros casos el usuario puede llegar a tener muy pocos conocimientos sobre el uso del navegador de Internet y, por consiguiente, debe delegar el trabajo. En esas oportunidades el Laboratorio está a disposición de la comunidad educativa en general, tanto de la Universidad (investigadores, docentes y alumnos) como de usuarios externos (como estudiantes que necesitan mapas para realizar sus trabajos de tesis).

- **Investigación en software aplicado:** en este caso nos referimos al uso de herramientas existentes que nos ayuden a solucionar problemas o necesidades de quienes recurren al Laboratorio como generador de información geográfica.
- **Visor de mapas interactivo:** si bien el software utilizado en el visor es relativamente nuevo, las tendencias actuales muestran que es necesario cambiar de plataforma para lograr una integración con la geodatabase que se construirá utilizando el gestor PostgreSQL con el soporte de datos espaciales Postgis.

Software privativo

La adquisición de las licencias de ARCGIS 10 nos permitió generar la geodatabase de archivos, no muy distinta en el manejo de los formatos de archivo salvo por la posibilidad de utilizar los dominios. No tuvimos grandes avances en este campo, ya que la licencia no incluye extensiones que permitan investigar las herramientas más sofisticadas de análisis espacial.

Software libre

Sin lugar a dudas el software libre fue el motor de todos los adelantos del Laboratorio en temas de aplicación de conocimientos y generación de servicios. Hemos incursionado en dos herramientas de las que no disponemos en ARCGIS: la extensión de Redes y la de 3D.

En este punto es conveniente hacer una aclaración sobre distintos conceptos que parecen superponerse o intercambiarse, y que sin embargo son totalmente distintos: software gratuito y software libre.

El software gratuito establece un uso restringido y suele estar basado en la premisa de no modificación y con derechos de autor establecidos (por ejemplo Google Earth). La restricción de uso está dada generalmente por la disponibilidad de una cantidad limitada de herramientas; este tipo de distribución suele tener el nombre de Demo o “Versión gratuita”. En el caso de los SIG suelen ser programas que sirven para visualizar la información pero no para editar o generar. Pero la limitación más importante suele estar en que solo pueden usarse con determinados fines, por ejemplo fines no comerciales.

El Open Source pone a disposición del público el código fuente con el que fue creado el programa, lo que permite a aquellos que conozcan el lenguaje de programación realizar todas las modificaciones que crean convenientes, adaptando y mejorando por su cuenta el programa. Estos suelen tener formas colaborativas de desarrollo.

La filosofía Open Source estimula la liberación del conocimiento desarrollado ni bien se ha comprobado su funcionamiento, sin importar quién lo haya creado. En el ámbito, suele decirse que Open Source no es sinónimo de gratuito, pues pocas veces se da el caso de que alguien haga un desarrollo sin tener financiación de algún tipo, es decir, alguien paga para que se construya cierta herramienta porque aún no existe, pero en lugar de guardarla bajo llave decide compartirla, ya que con ello estimula a que otros usuarios y desarrolladores chequeen su funcionamiento y encuentren posibles errores, colaborando luego a mejorar la herramienta.

Programas SIG de escritorio

En el marco del desarrollo de la tesis de doctorado de una de las integrantes del Laboratorio, debíamos investigar las herramientas que nos permitieran el análisis de la movilidad en una localidad del periurbano bonaerense. Para ello recurrimos al *plugin* de redes del programa GVSIG, un SIG de escritorio libre y de código abierto. Esa extensión permite realizar estudios de redes de varios tipos: caminos más cortos, recorrido mínimo, áreas de servicio, matriz de orígenes-destinos, etc. Uno de los resultados obtenidos es un mapa de áreas de servicio para las escuelas primarias, donde podemos observar las zonas de tejido urbano que quedan fuera de dicha área.

Con la misma herramienta calculamos las distintas distancias que podrían recorrer los chicos a pie para llegar a la escuela, teniendo en cuenta los tiempos que en promedio una persona podría movilizarse sin recurrir a un medio de

transporte. Hay que tener en cuenta que se trata de una localidad muy pequeña, por lo que es posible que las personas se movilicen a mayores distancias, sin utilizar un transporte, de lo que lo haríamos en el conurbano, donde disponemos de mayor oferta de medios para movilizarnos. Como resultado obtuvimos un mapa con las escuelas y tres intervalos definidos cada cinco minutos de recorrido a pie (Figura 3).

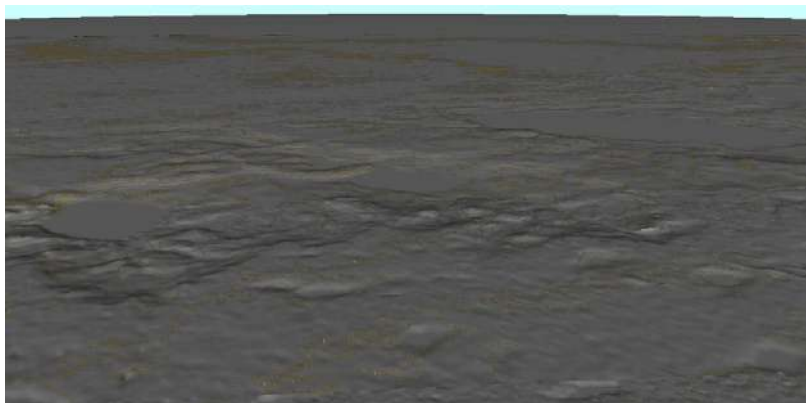
Figura 3. Mapa de áreas de servicios a intervalos de 5 minutos, realizado con el módulo Sextante incluido en QGIS



Fuente: elaboración propia.

Otra de las extensiones de QGIS que utilizamos es la que permite trabajar con modelos 3D, dándonos la posibilidad de superponer información que contiene datos de altura, como los modelos digitales de elevación (MDE), y con capas que no tienen datos de elevación, como divisiones administrativas, vías de comunicación, etc. En el ejemplo que sigue obtuvimos una superposición de un MDE con las curvas de nivel en formato vectorial (Figura 4).

Figura 4. Modelo digital de elevaciones con curvas de nivel superpuestas



Fuente: elaboración propia.

Bases de datos

Al igual que todos los avances logrados hasta el momento, la migración hacia un gestor de base de datos es necesaria para aumentar las potencialidades de los geoservicios que puedan brindarse a través de Internet. La meta de esta tarea está fijada en la duplicación de la geodatabase que tenemos actualmente en el formato de archivos de sistema que permite el programa ARCGIS 10. Este formato propietario de geodatabase es totalmente cerrado, en el sentido de que para publicarlo como servicio web es necesario poseer una licencia de otro programa de la misma empresa, y el Laboratorio no dispone de dicho software.

Analizando las herramientas disponibles dentro del espectro del Open Source, encontramos, más por experiencias propias y ajenas que por una búsqueda minuciosa, que el gestor PostgreSQL, junto con la extensión para soporte de datos geográficos Postgis, es la opción más viable para implementar una base de datos con soporte geográfico que permita la publicación y, además, el ofrecimiento de procesos de análisis a través de funciones propias del gestor, sin necesidad de programar o recurrir a otro software.

Algunas de las funciones más comunes que pueden nombrarse son: geocodificación de domicilios a través de la función de “ST_Line_Interpolate_Point ()”, creación de áreas de influencia mediante la función “ST_Buffer()”, ruteo o análisis de red con la extensión “PG_Routing”, y muchas más.

Este gestor también habilita, al combinarse con otras tecnologías de mapeo interactivo, la digitalización y edición en línea de entidades vectoriales. Con esta herramienta un usuario autorizado puede generar información vectorial con el solo uso del explorador, sin necesidad de instalarse programas en su computadora.

Servidor de metadatos

Un servicio esencial en toda IDE está dado por la posibilidad de encontrar la información que uno necesita de manera centralizada; en este caso, un servicio de metadatos permite identificar las capas de información disponible, con los detalles mínimos que permitan al usuario determinar si esos datos son de utilidad para él.

El software utilizado en este caso es GeoNetwork, el gestor de metadatos más utilizado ya que cumple con todas las especificaciones que marcan las normas internacionales ISO 19115 y 19139, referidas a la documentación de objetos geográficos. Este software servidor de metadatos permite tanto la publicación como la creación y edición, facilitando y optimizando las tareas de documentación.

En esta línea hemos desarrollado documentación que detalla los pasos a seguir para una instalación satisfactoria en el sistema operativo Ubuntu 10.10, integrado a la máquina virtual java de OpenJDK.

Servidores de mapas web

El visor de mapas puesto en marcha en el año 2011 funciona con el servidor de mapas Mapserver. Lo que realiza este programa es renderizar los datos vectoriales y enviarlos, mediante un servidor de aplicaciones web, como puede ser Apache, al usuario final de los datos. El receptor de la información enviada puede ser un explorador (Firefox, IExplorer, Chrome, Safari, etc.) al que se lo denomina “cliente ligero”, pues no necesita instalación de programas pesados, o un programa “Desktop” o “de escritorio”, como son ARCGIS, GVGIS, Quantum Gis, etc., también conocidos como “clientes pesados”.

En la búsqueda por optimizar recursos, como el tamaño de los archivos enviados y la velocidad de respuesta, proyectamos experimentar con el servidor de mapas Geoserver: se trata de otro programa servidor que trabaja de manera análoga a Mapserver, pero está basado en otras tecnologías que le dan diferentes

capacidades, como el soporte para el estandar WFS-T desde hace varios años. En cambio, Mapserver soporta esta tecnología desde hace poco tiempo mediante un *plugin* llamado Tinyows.

Geoserver ofrece amplias mejoras en la administración del servidor, ya que la publicación de los datos se hace a través de un explorador web, sin archivos complejos de configuración.

Tenemos como meta principal dotar de capacidades de edición al visor de mapas, que permita al usuario incorporar, editar o eliminar información. Esto, junto a la gestión de metadatos vía web, convertiría al Laboratorio en una verdadera organización digital, abierta y eficientemente organizada. Es esta una experiencia que se desarrollará con la plena intención de traspasar el conocimiento y las metodologías aprendidas a otros organismos públicos que deseen descentralizar sus actividades de mantenimiento del SIG.

Metadatos

Tal vez el servicio de mayor relevancia dentro de una IDE sea la publicación de los metadatos, que permitan la localización de la información disponible, con todas las referencias que posibiliten al usuario determinar la utilidad de la misma.

Un metadato geográfico debe responder, entre otras, a preguntas tales como: ¿quién genera tal información? ¿Cuál fue el proceso de generación? ¿Cada cuánto tiempo se actualiza y cuándo fue la última vez? ¿Qué zona geográfica abarca? ¿Qué precisión tiene? ¿Cómo y con quién debo contactarme para obtener la información que necesito?

Un metadato se va a referir, en el caso de los elementos geográficos, a un “conjunto de datos”, entendidos como un grupo de elementos geográficos que presentan idénticas características dentro de un área determinada. Este conjunto puede contener desde uno a miles o millones (en el caso de las nubes de puntos, como los datos en formato LIDAR) de elementos. Nos referiremos a conjuntos de datos siempre que hablemos de datos vectoriales o tabulares, mientras que haremos referencia a coberturas en el caso de datos en formato ráster.

Antecedentes

En el Laboratorio no contábamos con una estructura de documentación de procesos y fuentes de información, salvo por el último tramo de unificación y

normalización de los datos que se encontraban organizados pero no unificados. Los datos estaban duplicados y con diferentes estructuras en sus tablas, y debido a los múltiples orígenes ya que no fueron documentados; fue imposible determinar en los casos de duplicidad qué dato estaba más actualizado y cuál era de origen más confiable.

Vista esta limitación, se tornó imprescindible establecer una metodología y adoptar una tecnología apropiada para documentar toda la información que se genera, procesa o llega, y que pasa a formar parte de la base de datos geográfica del Laboratorio.

Perfil de metadatos del LABSIG

En vías de la integración a una futura IDE nacional, como institución formadora orientada a la difusión de los conocimientos y buenas prácticas aprendidas, vemos imprescindible que las aplicaciones y la información publicada cumpla con las normas internacionales de interoperabilidad, asegurando que no se dupliquen esfuerzos y que el trabajo realizado sea de utilidad para el resto de la comunidad.

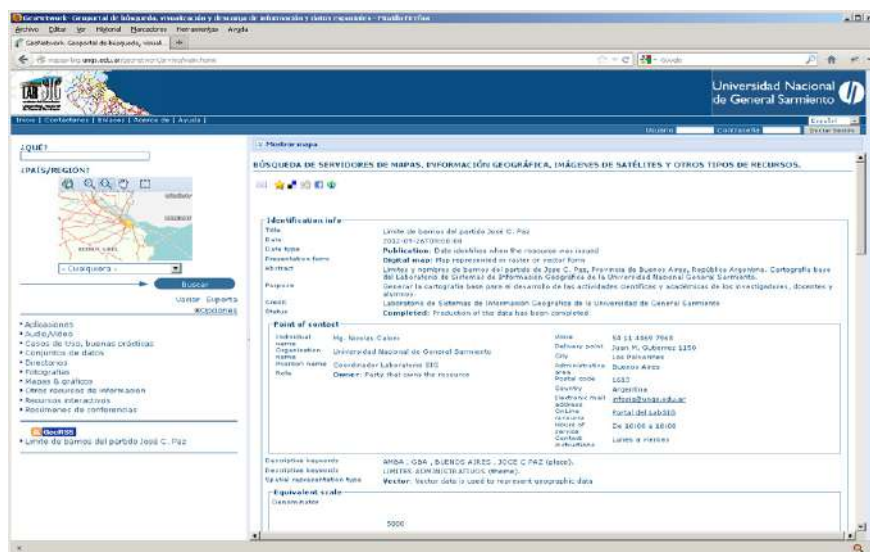
El estándar ISO 19115 establece cómo deben ser descriptos los datos geográficos, atendiendo a la posibilidad de responder a las preguntas formuladas anteriormente y más.

Los elementos también se dividen en tres clases: obligatorios (aquellos que deben completarse indefectiblemente), condicionales (aquellos que deben cumplir determinada condición para ser incluidos) y opcionales (aquellos que se incluyen según se considere necesario para aclarar algún aspecto en particular).

El perfil de metadatos del LABSIG está basado en el Perfil Latinoamericano de Metadatos (conocido como LAMP por sus siglas en inglés, de Latin America Metadata Profile), desarrollado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Venezuela para el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH). Tanto el LAMP como el perfil del LABSIG cumplen con el núcleo de la norma ISO 19115.

Por otro lado, la norma ISO 19139 establece cómo debe implementarse la ISO 19115 en formato XML. El software utilizado para la gestión de los metadatos es el GeoNetwork, que cumple con esta reglamentación, y entre sus funciones disponibles se encuentra la descarga de los metadatos en formato XML en conformidad con el estándar ISO 19139.

Figura 6. Pantalla de resultado de una búsqueda en el gestor de metadatos GeoNetwork



Fuente: elaboración propia.

Visor de mapas

Siguiendo la tendencia de actualización constante, buscamos la incorporación de las últimas funcionalidades en geoprocesos, es por ello que la investigación con nuevas herramientas es constante y no tiene límites. Las mejoras buscan aumentar la usabilidad del visor, haciendo el manejo de las herramientas más intuitivo.

Actualidad y tendencias

Si bien la implementación del visor de mapas interactivo que actualmente se encuentra activo es un adelanto que tiene funcionalidades interesantes, como la descarga de las capas en formato vectorial, el intercambio entre diferentes mapas en un mismo visor, la posibilidad de aplicar transparencias a las capas, imprimir mapas personalizados en diferentes formatos, entre otras, la funcionalidad del software disminuye cuando le incorporamos capas en formato ráster,

ya que no soporta tiles y el intercambio de información se vuelve más lento. Otra limitación que encontramos es que el usuario no puede incorporar al visor capas propias o provenientes de otros organismos, principalmente mediante el estándar WMS.

La tendencia indica que todo desarrollo a futuro debe tener como soporte una base de datos geográfica, y detrás un gestor de procesos de análisis espacial.

El vuelco hacia la edición en línea es inminente, dejando los programas pesados para las tareas de procesamiento específico. El usuario común deberá poder incorporar, editar y visualizar los cambios realizados a través de un navegador web. Tenemos la intención de adquirir o generar esa tecnología, para luego ponerla a disposición de la comunidad, mediante la capacitación o la transferencia directa de aplicaciones e información.

Recursos en línea

Asociación gvSIG (2012) GCSIG-Desktop 1.12. Manual de usuario. Disponible en: <http://www.gvsig.org/web/projects/gvsig-desktop/docs/user>.

Mapserver.org. Documentación de Mapserver. Disponible en: <http://www.mapserver.org/documentation.html>.

Olaya, V. (2011) *Sistemas de Información Geográfica*, Tomos I y II. Disponible en: http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG.

Postgis.org. Documentación de Postgis. Disponible en: <http://www.postgis.org/documentation/>.

Sistemas de Información Geográfica (1964-2014)

Reflexiones para una síntesis diagnóstica

Gustavo D. Buzai

Con el recuerdo que conservo de los encuentros realizados y la lectura de los materiales compilados, llega a mi mente con mucha presencia la visión de una tecnología SIG que puede ser flexible para ubicarse en innumerables perspectivas de aplicación.

Es un SIG en su carácter disciplinario, multidisciplinario e interdisciplinario al tomar una posición de herramienta que se utiliza con creatividad y también que se comparte en función de las metodologías estándares para ser aplicadas con múltiples propósitos.

La amplia variedad de posibilidades aplicativas permiten ver a la tecnología SIG en una imagen múltiple de visiones cambiantes, que no solamente acompañan a las diferentes ópticas de investigación sino que en un contexto de mayor amplitud dan cuenta de la síntesis de contextos científico-tecnológicos actuales.

Los SIG pueden ser considerados una de las tecnologías más importantes de la actualidad. El telescopio permite observar lo infinitamente grande, el microscopio, lo infinitamente pequeño, mientras que el SIG se centra en la dimensión espacial de la escala humana. Existen perspectivas que consideran que el SIG, en el interior de la Geografía, constituye el desarrollo más importante desde la creación del mapa.

Diversas imágenes brindan su propia definición. Puede ser entendido como un mapa en papel al comunicar información geográfica a los usuarios del sistema; se lo puede ver en una orientación al ambiente de trabajo al considerarse un sistema computacional para el manejo de datos espaciales; se puede hacer alusión a sus subsistemas al verlo a partir de sus componentes de obtención

de datos, almacenamiento, tratamiento y reporte de datos espaciales, o como herramienta que apoya el proceso de toma de decisiones. Seguramente es todo esto al mismo tiempo.

La tecnología SIG combina un gran número de otras tecnologías bajo el concepto de Geoinformática. Puede haber imágenes múltiples en la cantidad y variedad de software que puede ser utilizado como apoyo en las tareas de aplicación.

Para la creación de bases de datos alfanuméricas se pueden utilizar editores de textos, administradores de bases de datos, planillas de cálculo, software estadísticos y GPS, y para la creación de bases de datos gráficas, el diseño asistido por computador, cartografía asistida por computador, procesamiento digital de imágenes de satélite y modelos digitales de elevación.

Ante esta amplitud aparecen diferentes posibilidades al momento de combinar distinto tipo de software para la investigación, combinaciones que se enmarcan en un SIG total (totalidad de subsistemas) o SIG mínimo con su verdadera especificidad (subsistema de tratamiento).

La tecnología SIG está cumpliendo 50 años de edad (1964-2014) y se encuentra en plena madurez. En este lapso de tiempo, el núcleo integrado fueron los datos geográficos y los conceptos de naturaleza espacial que se presentan con utilidad para poder estudiarlos. Los iniciales inconvenientes en la evolución tecnológica han surgido a partir de la necesidad de solucionar los problemas de sistemas (SIG), luego los relativos a la información (SIG) y, actualmente, se hace más necesaria que nunca la interpretación geográfica de los resultados (SIG). La “G” aparece actualmente con un importante protagonismo.

Desde un punto de vista evolutivo, también existieron otros tipos de cambios: GISystem, GIScience, GISociety; por lo tanto, actualmente estamos viviendo en lo que se podría denominar una “sociedad de la información geográfica”. La dimensión espacial se incorpora en todas las ciencias a través de la Geografía global y es trasladada a muchas prácticas humanas a través de la Neogeografía. Lo cierto es que actualmente se produce el mayor impacto extradisciplinario de la Geografía hacia los diferentes contextos que hacen uso tecnológico, a tal punto que podría pensarse en que cada vez cobra mayor fuerza una Geotecnósfera como medio geotecnológico de alcance mundial.

Esta variedad de posibilidades es la que puede ejemplificarse a través de obras como la presente. Los aspectos teóricos surgen del núcleo disciplinario de la Geografía, donde el análisis espacial y las prácticas del ordenamiento territorial aparecen como basamento de una Geografía aplicada de vocación geodigital.

Aspectos metodológicos surgen para medir desigualdades espaciales y con este conocimiento posibilitar la generación de propuestas para disminuirlas. Las aplicaciones privilegian la relación de la sociedad con su ambiente y en ellas aparecen temáticas que engloban estas relaciones a partir de buscar su orden.

Los grupos de investigación de la UNLU y la UNGS presentan gran cantidad de diagnósticos territoriales de temáticas relevantes. Abordan la componente científica de las aplicaciones como campo en el cual es posible aportar con mayor solvencia desde la actividad académica. Estos estudios apuntan, de manera general, a conocer la realidad, comprenderla, brindar propuestas de solución a diversas problemáticas y presentar la utilidad de los estudios aplicados en el campo de la docencia destinada a las futuras generaciones de profesionales que demandan herramientas concretas para sus actividades académicas y profesionales.

De eso se trata *Sistemas de Información Geográfica en la investigación científica actual*. Trabajos teóricos, metodológicos y técnicos que, surgidos de avances académicos, presentan una gran concreción en el contexto de una demanda social que no pretende otra cosa de la actividad científica.

La colección **Cuestiones metropolitanas** reúne la amplia producción académica sobre temas vinculados con los problemas de los conglomerados urbanos y, en particular, con la Región Metropolitana de Buenos Aires.

La colección incluye textos que abordan las temáticas del urbanismo, la ecología, la gestión local, la sociología y la antropología aplicadas al estudio de los problemas sociales, económicos y ambientales del conurbano.

Este libro es el resultado de la reflexión conjunta de docentes investigadores de tres universidades nacionales, en las cuales la tecnología SIG tiene amplio reconocimiento y apoyo para el desarrollo de docencia, proyectos de investigación y extensión, entre los aportes más destacados.

El objetivo de esta producción es presentar experiencias de docencia e investigación en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica en las instituciones educativas de la región, nacionales e internacionales, abriendo la posibilidad de elaborar un banco de datos de experiencias de trabajo y a partir de ello formar redes de intercambio de información y cooperación interinstitucional.

Colección **Cuestiones metropolitanas**

Universidad Nacional
de General Sarmiento



www.ungs.edu.ar/ediciones

