

ANÁLISIS Y PLANIFICACIÓN DE SERVICIOS COLECTIVOS
CON SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Coordinadores

ANTONIO MORENO JIMÉNEZ

Dpto. de Geografía
Universidad Autónoma de Madrid
España

GUSTAVO D. BUZAI

Dpto. de Ciencias Sociales
Universidad Nacional de Luján
Argentina

Madrid, 2008

Análisis y planificación de servicios colectivos con sistemas de información geográfica
© Los autores

Primera edición: diciembre de 2008

MARCAS COMERCIALES. Las designaciones de marcas registradas o productos comerciales utilizados por las empresas y mencionadas en este libro han procurado atenerse a la descripción de los mismos según el estilo del fabricante y sin intención alguna de vulnerar o usar indebidamente tales marcas.

Diseño de cubierta: Nuria Gómez y Antonio Moreno

Distribución:

Departamento de Geografía
Universidad Autónoma de Madrid
Cantoblanco. 28049-Madrid. España
Teléfono: + 34 91 497 45 77
Fax: + 34 91 497 4042
e-mail: Antonio.moreno@uam.es

ISBN: 978-84-691-7879-5
Depósito Legal: M-55167-2008
Imprime: Grafiprint S.L.
Albasanz, 75 2º Nave C-2 – 28037 Madrid
grafiprintin@arrakis.es

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada, grabada o transmitida por ningún medio conocido o por conocer sin la autorización escrita de los titulares del Copyright.

LOS AUTORES

Claudia A. Baxendale (buzai@uolsinectis.com.ar)

Licenciada en Geografía (Universidad del Salvador) y Especialista en Planificación Urbana y Regional (Universidad de Buenos Aires).

Investigadora del proyecto *Análisis espacial de establecimientos educativos en Luján* del Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Luján. Profesional contratado por la Dirección de Información y Estadística de la Dirección Provincial de Planeamiento de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Liliana Bevilaqua (lilianabe@gmail.com)

Profesora en Ciencias de la Educación (Universidad Nacional de La Plata) y Especialista en Planificación y Formulación de Políticas Educativas (Instituto Internacional de Planeamiento Educativo –IIFE-UNESCO-Buenos Aires).

Jefa del Departamento de Análisis de la Información –Coordinadora de área- en la Dirección de Información y Estadística de la Dirección Provincial de Planeamiento de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Gustavo D. Buzai (buzai@uolsinectis.com.ar)

Profesor de Enseñanza Secundaria, Normal y Especial en Geografía (Universidad de Buenos Aires), Licenciado en Geografía (Universidad de Buenos Aires) y Doctor en Geografía (Universidad Nacional de Cuyo).

Profesor Adjunto Regular e Investigador del Programa de Estudios Geográficos (PROEG), Coordinador del Laboratorio de Cartografía Digital y Director del proyecto *Análisis espacial de establecimientos educativos en Luján* del Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Luján, Argentina.

Antonio Moreno Jiménez (antonio.moreno@uam.es)

Ldo. en Filosofía y Letras y Doctor en Geografía (Universidad Complutense de Madrid).

Catedrático de Geografía Humana en el Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Madrid. Director de GeoFocus, Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica.

Adriana Semorile (adriana.semorile@gmail.com)

Licenciada en Estadística (Universidad Nacional de Rosario).

Consultor estadístico de la Dirección de Información y Estadística de la Dirección Provincial de Planeamiento de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Diana Valdez Avalos (valdezdiana@yahoo.com.ar)

Licenciada en Antropología con Orientación Social (Universidad Nacional de La Plata).

Personal del plantel profesional especialista en Planificación Educativa en la Dirección de Información y Estadística de la Dirección Provincial de Planeamiento de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

ÍNDICE

Presentación, *Antonio Moreno Jiménez y Gustavo D. Buzai*, 1

1. Los servicios colectivos y el desarrollo territorial: Una reconsideración conceptual y metodológica actual, *Antonio Moreno Jiménez*, 5

1. Introducción, 5

2. Reinterpretando el papel de los servicios colectivos en el desarrollo territorial, 7

2.1. Calidad de vida, bienestar y malestar social, 8

2.2. Justicia socio-espacial y ambiental, 10

2.3. Eficiencia espacial, 12

2.4. Sostenibilidad, 13

2.5. Competitividad y crecimiento económico territorial, 14

2.6. Cohesión e integración socio-espacial, 16

3. Consideraciones metodológicas sobre planificación de servicios colectivos apoyada en SIG, 17

4. Conclusión, 20

5. Bibliografía, 22

2. Análisis exploratorio de datos espaciales educativos: Aplicación a la ciudad de Luján, *Gustavo D. Buzai y Claudia A. Baxendale*, 25

1. Introducción, 25

2. Aspectos conceptuales, 26

2.1. Análisis exploratorio de datos espaciales, 26

2.2. Interactividad en el análisis y la visualización, 27

3. Desarrollo metodológico, 28

3.1. Perspectiva 2D, 28

3.2. Perspectiva 3D, 30

4. Aplicación y resultados, 32

4.1. Determinación de la situación contextual a partir de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) y la población de 19 años y más con máximo nivel educativo alcanzado secundario completo, 32

4.2. Determinación de la distribución de correspondencias espaciales de los porcentajes del máximo nivel educativo alcanzado y la población de cada unidad espacial, 37

5. Consideraciones finales, 40
6. Software utilizado. 40
7. Bibliografía, 40

3. Análisis socioespacial de las regiones educativas en la Provincia de Buenos Aires, *Liliana Bevilacqua, Adriana Semorile y Diana Valdez Avalos, 43*

1. Introducción
2. Cuestiones metodológicas: procedimiento estadístico y análisis de datos
3. Resultado general y análisis de los grupos
4. Consideraciones finales
5. Notas
6. Bibliografía

4. Metodología para la determinación del ámbito espacial de ubicación de establecimientos educativos: Aplicación al Partido de Luján, *Claudia A. Baxendale y Gustavo D. Buzai, 71*

1. Introducción
2. Metodología propuesta
 - 2.1. Criterios para la ubicación de escuelas en el espacio urbano
 - 2.2. Criterios para la ubicación de escuelas en el espacio rural "agrupado" (aglomeración) o rural "disperso" (campo abierto)
3. Ejemplo de aplicación al Partido de Luján
4. Consideraciones finales
5. Notas
6. Bibliografía

5. Ranking de escuelas a partir del uso de indicadores de planificación: Aplicación a las escuelas EGB en la ciudad de Luján, *Gustavo D. Buzai y Claudia A. Baxendale, 81*

1. Introducción
2. Teoría
 - 2.1. Hacia la construcción regional
 - 2.2. La construcción regional como clasificación
3. Método

- 3.1. Matriz de datos
- 3.2. Variables
- 3.3. Construcción de indicadores de planificación
- 4. Aplicación
 - 4.1. Preguntas iniciales
 - 4.2. Datos espaciales
 - 4.3. Sistema de Ayuda a la Decisión Espacial
 - 4.4. Procedimientos realizados
 - 4.5. Resultados numéricos
 - 4.6. Resultado cartográfico
- 5. Consideraciones finales
- 6. Bibliografía

6. Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: Análisis espacial de escuelas EGB en la ciudad de Luján, Gustavo D. Buzai y Claudia A. Baxendale, 97

- 1. Introducción
- 2. Aspectos conceptuales
 - 2.1. Modelos de localización-asignación
 - 2.2. Orientación de la localización-asignación
- 3. Desarrollo metodológico
 - 3.1. La búsqueda de sitios candidatos y sus combinaciones
 - 3.2. Modelos para equipamientos deseables (escuelas públicas)
 - 3.3. Modelado para el cálculo de distancias
- 4. Aplicación
 - 4.1. Análisis espacial de los establecimientos educativos de Educación General Básica (EGB) de la ciudad de Luján: optimización espacial y ubicación de nuevos establecimientos.
- 5. Consideraciones finales
- 6. Notas
- 7. Bibliografía

7. Resolución de problemas de localización óptima de equipamientos con Flowmap, Antonio Moreno Jiménez, 119

- 1. Introducción, x
- 2. Breve presentación de Flowmap y sus ficheros de datos, x
- 3. Preparación de la geoinformación necesaria para abordar problemas de localización óptima
 - 3.1. Los datos necesarios

- 3.2. La migración de datos desde el formato shp al formato flowmap
 - 3.2.1. Conversión de polígonos
 - 3.2.2. Conversión de la capa de red viaria (líneas)
- 4. Las etapas de resolución de problemas de localización óptima con Flowmap
 - 4.1. Creación de un proyecto en Flowmap (archivo *.fpf)
 - 4.2. Visualización de las capas
 - 4.3. Creación de la matriz de distancias / costes de transporte entre los puntos – lugares (orígenes y destinos)
- 5. Los modelos de optimización y algoritmos disponibles en Flowmap
- 6. Resolución de supuestos de localización-asignación óptima
 - 6.1. Modelo de cobertura del conjunto (coverage models)
 - 6.2. Modelos de cobertura máxima, P-mediano, Minimax y de cuota de mercado máxima
 - 6.2.1. Método de relocalización óptima de instalaciones (relocation models)
 - 6.3. La estrategia del usuario ante algoritmos heurísticos de robustez limitada
- 7. La evaluación y presentación de esquemas de localización y soluciones óptimas
 - 7.1. Asignación de lugares con demanda a los centros de oferta óptimos
 - 7.2. Caracterización de una organización espacial de equipamientos con gráficos y resúmenes estadísticos
- 8. Bibliografía

Epílogo, *Gustavo D. Buzai y Antonio Moreno Jiménez, 149*

Post Scriptum, *x*

RECONOCIMIENTOS

Se agradece a la Agencia Española de Cooperación Internacional, AECI, a la Universidad Autónoma de Madrid (España) y a la Universidad Nacional de Luján (Argentina) el apoyo económico para la realización de la Acción Complementaria C/7901/07 (Resolución de 14 de diciembre de 2007, BOE de 15 de enero de 2008) que ha dado lugar a la presente obra.

Dr. Antonio Moreno Jiménez
Universidad Autónoma de Madrid
España

Dr. Gustavo D. Buzai
Universidad Nacional de Luján
Argentina

PRESENTACIÓN

ANTONIO MORENO JIMÉNEZ y GUSTAVO D. BUZAI

Desde hace tiempo existe un consenso acerca de que el desarrollo territorial constituye una meta general de las sociedades y una prioridad de aquéllos ámbitos, como el latinoamericano, donde se tiene fuerte conciencia de la brecha que les separa de otros más avanzados y de las serias desigualdades observables en el interior de los países. Una somera reflexión, sin embargo, sobre el entendimiento del desarrollo territorial nos hace colegir que el mismo no ha permanecido inalterado a lo largo del período reciente, sino que más bien, y singularmente a la altura de nuestro horizonte histórico, ese concepto se nos muestra entreverado por una multiplicidad de principios colectivamente compartidos que le confieren superior riqueza semántica y virtualidades aplicadas. El mero crecimiento económico conforma ya solo uno de los objetivos deseables, asumiéndose que éste ha de ir acompañado de otros rasgos como la justicia, el bienestar, la sostenibilidad, etc. que, como valores prominentes, han de conciliarse con aquél.

Ello está provocando un reto superior a las organizaciones públicas a la hora de establecer con nitidez en qué medida las políticas, planes y actuaciones son coherentes y coadyuvan al desarrollo, compatibilizando esa multiplicidad de principios y los objetivos derivados de los mismos. Como es de suponer, ello está suscitando la necesidad de estudios rigurosos que clarifiquen estas cuestiones y ayuden a una toma de decisiones más atinada y exitosa.

La presente obra pretende ser una contribución en esa línea, al abordar uno de los componentes del desarrollo territorial: las dotaciones o equipamientos colectivos para la población (vid. Moreno y Escolano, 1992, cap. 4), los cuales, no solo son un resultado o logro de aquél, sino también un coadyuvante del mismo, como cada vez más se está reconociendo.

Es en este sentido en el que cabe interpretar la aportación de esta obra cuyos objetivos concretos conciernen a:

A) Postular teóricamente la contribución de los servicios colectivos al proceso de desarrollo territorial, para lo cual se examinará la vinculación con los principios que hoy son generalmente admitidos como definitorios del concepto de desarrollo.

B) Plantear propuestas metodológicas que guíen la ejecución de análisis orientados a la formación de decisiones espaciales, atingentes a servicios colectivos y acordes con las metas del desarrollo territorial.

C) Ilustrar, mediante un cierto número de estudios de caso, cómo realizar análisis, diagnósticos y propuestas concretas, evidenciando las utilidades que aportan. Fundamentalmente se centrarán sobre uno de los servicios más conspicuos, los educativos.

D) Divulgar técnicas e instrumentos informáticos asequibles, para que los expertos e instancias responsables de la planificación de servicios colectivos puedan llevar a la práctica las orientaciones y enseñanzas contenidas en esta obra. Al respecto se hará especial énfasis en evidenciar las potencialidades de los sistemas de información geográfica (SIG), programas de análisis geoespacial y sistemas de ayuda a la decisión espacial (SADE), continuando ciertas líneas de aplicación impulsadas por los autores (Moreno Jiménez, 2001; Buzai y Baxendale, 2006).

El libro se ha conformado a partir de un conjunto de aportaciones que abordan facetas diferentes y complementarias de análisis y planificación de servicios colectivos, emanadas de un trabajo de investigación coordinado, llevado a cabo por un equipo hispano-argentino.

En el capítulo inicial, Antonio Moreno presenta primero someramente un elenco de metas o valores que hoy dan sentido cabal al concepto de desarrollo territorial, desvelando cómo los llamados equipamientos colectivos se alinean y contribuyen al mismo. Tras ello, se realizan unas breves consideraciones de carácter metodológico, acerca de cómo afrontar el análisis de los equipamientos desde la perspectiva del desarrollo territorial y los requerimientos informativos y tecnológicos generales inherentes a tal empeño.

Gustavo Buzai y Claudia Baxendale postulan en el capítulo segundo las potencialidades del análisis exploratorio de datos y de la visualización geográfica, como fórmulas para penetrar mejor en el examen interactivo y la interpretación de datos cuantitativos sobre servicios colectivos, y más concretamente, educativos. Recurriendo a un SIG y a software de distribución libre, ambos autores enseñan a extraer conclusiones sustantivas de masas de datos numéricos inicialmente poco expresivas, lo

que hace posible formar juicios más exactos sobre la realidad dotacional en el territorio.

Avanzando un paso más en la complejidad técnica, en el capítulo tercero, elaborado por Liliana Bevilacqua, Adriana Semorile y Diana Valdez Avalos, se ilustra un análisis de las relaciones entre una amplia batería de indicadores socio-educativos en la provincia de Buenos Aires, con objeto de alcanzar una tipología regional basada en similitudes y diferencias. Las cuatro grandes zonas, identificadas a partir del uso del análisis de componentes principales y de clasificación, ofrecen perfiles contrastados y susceptibles, por tanto, de informar políticas diferenciadas para cada una, en función de sus peculiares situaciones socio-educativas.

La contextualización geográfica de equipamientos educativos, bien en el ámbito urbano, bien en el rural, es un asunto que puede parecer menor. Sin embargo, ello posee implicaciones notables, tanto desde el punto de vista de su funcionamiento espacial, como para el establecimiento de directrices de gestión diferenciadas y acordes con sus especificidades y rasgos singulares. Realizar esa catalogación requiere el empleo de una serie de criterios espaciales que han de ser aplicados ineludiblemente mediante la tecnología SIG. Tal es el cometido del capítulo cuatro en el que Claudia Baxendale y Gustavo Buzai ilustran el caso de los establecimientos educativos del Partido de Luján.

La caracterización de los equipamientos y servicios provistos puede, además, contribuir de manera clara a obtener un diagnóstico de la situación dotacional y sus logros. Los indicadores de recursos o resultados, que aluden a costes, beneficios u objetivos, poseen como utilidad el posibilitar una apreciación de la "performance" de cada centro de servicio. Mostrar espacialmente tales indicadores, mediante la oportuna cartografía, ayuda decisivamente a identificar dónde afloran los problemas y dónde se localizan las situaciones más aventajadas. Ello conforma la base informativa imprescindible para decisiones correctoras, considerando eficiencia y equidad socio-espacial. Tal es el sentido del capítulo quinto en el que se evalúan las escuelas en la ciudad de Luján por Gustavo Buzai y Claudia Baxendale.

Los dos últimos capítulos versan sobre la aplicación de técnicas genuina y directamente concebidas para el apoyo a la toma de decisiones espaciales: los modelos de localización óptima. En el numerado como sexto, Gustavo Buzai y Claudia Baxendale, tras exponer de forma breve las ideas fundamentales de tales modelos, plantean y realizan la resolución de varios supuestos, relativos a centros educativos de Educación General Básica

(EGB) en la ciudad de Luján. De esta forma quedan evidenciadas algunas de las virtualidades más notables de tales técnicas: evaluación comparativa de la situación actual e identificación de los lugares óptimos para nuevos establecimientos.

Con similar finalidad didáctica en el capítulo séptimo se ofrece, por parte de Antonio Moreno, una introducción sencilla a una herramienta informática sumamente accesible – Flowmap, un software gratuito en su versión educativa-, que posibilita la resolución ágil y realista de problemas de localización óptima de equipamientos, usando geodatos cada vez más fáciles de conseguir y modelos bien conocidos. De esta forma se espera estimular y propiciar la ejecución de análisis y aplicaciones de esta potente tecnología.

Como se ha podido entrever, con todo ello se espera coadyuvar a una planificación de los equipamientos más rigurosa metodológicamente y, a la vez, más consciente y sólidamente enmarcada dentro de los principios actuales del desarrollo territorial. Este resultado y otros que le han acompañado, tales como los intercambios y encuentros de investigadores entre los Departamentos de Geografía de la Universidad Autónoma de Madrid y el de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Luján no hubieran sido posibles sin el apoyo financiero de la AECI. Estamos convencidos que, dentro del limitado alcance de este libro, su difusión y conocimiento resultarán de utilidad indudable para los responsables de las estrategias de desarrollo, de la ordenación del territorio y de la planificación sectorial, así como de los expertos involucrados en asesorar sobre la distribución espacial de los equipamientos colectivos.

Bibliografía

MORENO JIMÉNEZ, A.; ESCOLANO UTRILLA, S. 1992. *El comercio y los servicios para la producción y el consumo*. Síntesis. Madrid.

MORENO JIMÉNEZ, A. 2001. Coord. *Geomarketing con sistemas de información geográfica*. Dpto. de Geografía (UAM) y Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección (AGE). Madrid.

BUZAI, G.D.; BAXENDALE, C.A. 2006. *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica*. Lugar Editorial. Buenos Aires.

LOS SERVICIOS COLECTIVOS Y EL DESARROLLO TERRITORIAL: UNA RECONSIDERACIÓN CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA ACTUAL

ANTONIO MORENO JIMÉNEZ

1. INTRODUCCIÓN

Como es bien sabido, los denominados servicios colectivos engloban a una amplia gama de actividades (para la salud, educación, atención social, deporte, cultura y ocio, seguridad y orden, protección y defensa, religión, etc.) que tienen como denominador común algunos rasgos. En primer lugar, el destinarse a satisfacer necesidades vinculadas directamente y en primera instancia con la "reproducción" *sensu lato* de la vida humana; es decir, actúan instruyendo, cultivando, sanando, mejorando, manteniendo, cuidando, protegiendo, asegurando, entreteniéndolo, divirtiéndolo, etc. a los individuos, en su dimensión física y mental, simplemente por el hecho de ser miembros de una comunidad. Aunque pareciera que el objetivo primero de ellos atañe a la faceta de la reproducción social, no por ello tales actividades dejan de tener una incidencia también de primer orden en la faceta de la "producción", por cuanto una calidad mejor (biológica, intelectual y psicológica) de los ciudadanos constituye uno de los activos primeros del desarrollo, en tanto que recursos humanos y capital social.

La importancia de los servicios colectivos para la vida humana resulta fuera de toda duda y ello puede ser constatado, entre otros, por varios hechos meridianos. En primer lugar, se puede apreciar que la satisfacción de muchas necesidades humanas, algunas de ellas básicas, se realiza mediante servicios que son dispensados en los denominados equipamientos. Nuestra existencia cotidiana se nos aparece así soportada por una inmensa gama de servicios y resulta una tendencia temporal incontestable que el ciudadano demanda una cifra creciente de ellos. En segundo lugar, ello se vincula con el hecho de que en los países desarrollados la prioridad conferida a los mismos haya ido logrando un elevado grado de dotación y calidad de los mismos, lo que expresa un esfuerzo económico y una dedicación de recursos humanos muy notables.

Finalmente, en los países menos desarrollados, la presión por alcanzar niveles equiparables, emanada de las más genuinas aspiraciones de cualquier ser humano, se ha patentizado con intensidad, lo que se plasma correlativamente en una presencia del asunto en diversos estudios globales. Baste recordar que una parte destacada de los "Objetivos de Desarrollo del Milenio" enunciados en el pacto entre las naciones promovido por la ONU para eliminar la pobreza humana concierne a políticas sobre salud y educación y que, por tanto, involucran a esos tipos de servicios (vid. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2003, especialmente cap. 4 y 5). Similar relevancia aparece en el informe del Banco Mundial (2004) sobre los "Servicios para los pobres", donde se plantean diversas propuestas y soluciones. Finalmente, es constatable la prioridad conferida a esa parcela en las agendas destinadas a ayudar al desarrollo de los países o zonas menos favorecidas, bien de carácter oficial, bien a través de organizaciones no lucrativas o no gubernamentales.

Los dos asuntos mencionados en el título de este capítulo y que implican por extensión al conjunto del libro han sido largo tiempo estudiados y no resultan pues novedosos. ¿Qué interés tiene otra obra más sobre ellos? Al respecto procede enunciar que la justificación principal, y sobre ello recae el énfasis de lo aquí tratado, estriba en la conjunción "y", la cual implica un abordaje atento al nexo entre ambos, es decir, entre unas actividades y unas aspiraciones colectivas. Pero incluso ello, podría también argüirse, no es algo innovador, sino archisabido, lo cual nos conduce finalmente a desvelar el núcleo central de esta publicación y su interés.

En tal sentido puede decirse que la contribución general de los capítulos aquí reunidos estriba en plantear cómo la convergencia sustantiva entre servicios colectivos y desarrollo territorial puede ser más potente, fecunda y eficaz con el concurso de los sistemas de información geográfica (SIG), convenientemente imbricados en metodologías de apoyo a las decisiones espaciales. En efecto, a la luz de las experiencias existentes y de las potencialidades vislumbradas en el ámbito académico, resulta fundado afirmar que las bases de actuación de los actores intervinientes en la provisión de servicios colectivos para el desarrollo socio-territorial se perfeccionan ostensiblemente cuando integran de manera inteligente las prestaciones de la alta tecnología de los SIG. Tal mejoramiento, y de ahí la utilidad concreta de esta obra, se puede cifrar en varias consideraciones. En primer lugar, y como es bien conocido, el nivel de dotación de servicios colectivos en los países menos desarrollados se caracteriza por ser bajo o medio-bajo, pudiendo presumirse también la existencia de serios

desequilibrios territoriales al respecto. En segundo lugar, los recursos con que cuentan las economías menos desarrolladas para atender las inmensas y desbordantes demandas de servicios colectivos en esos países resultan extremadamente limitados. De ambas premisas brota la necesidad de buscar la máxima eficacia de los esfuerzos de los proveedores de servicios colectivos, en aras de alcanzar los mejores resultados, evitando los despilfarros y minimizando las injusticias. En ese empeño, el concurso de la tecnología SIG y de ciertas técnicas de análisis espacial puede ser de extraordinario provecho, tal como en este libro se tratará de acreditar.

En síntesis, y de manera explícita, las metas que en este primer capítulo se avistan son esencialmente dos:

A) Postular teóricamente la contribución de los servicios colectivos al proceso de desarrollo territorial, para lo cual se examinará la vinculación con los principios que hoy son generalmente admitidos como definitorios del concepto de desarrollo.

B) Plantear una propuesta metodológica amplia que guíe la ejecución de análisis orientados a las decisiones espaciales atinentes a servicios colectivos, procurando que éstas sean acordes con las metas sociales del desarrollo territorial.

Aunque en este capítulo solo se llegará a enunciar de forma general el soporte que las tecnologías de la información geográfica proporcionan para la planificación de tales servicios, en los capítulos siguientes el panorama se completará con estudios de caso e introduciendo el manejo de software de distribución libre para estos fines.

2. REINTERPRETANDO EL PAPEL DE LOS SERVICIOS COLECTIVOS EN EL DESARROLLO TERRITORIAL

No constituye novedad alguna aseverar que el desarrollo conforma una de las metas más genuinas de las sociedades contemporáneas. Desde antes de la mitad de la pasada centuria las teorías científicas, las políticas y la conciencia social colectiva asumieron ese moderno concepto y han cohonestado las dinámicas vinculadas a su puesta en práctica. Igualmente, y como una característica intrínseca al mismo, la relevancia de su transcripción espacial se asentó de manera inevitable y a cualquier escala, - nacional, regional o local -, aunque el curso de las ideas haya mostrado asincronías en la toma de conciencia general según los ámbitos. El entendimiento actual del desarrollo territorial, como expresión de un conjunto de aspiraciones de las comunidades humanas que ha de ser

buscado de forma proactiva, involucra por un lado a la dimensión temporal, por cuanto su concreción ha de ser redefinida diacrónicamente, marcando nuevos objetivos concretos para cada etapa del devenir de una comunidad, y por otro al espacio, por cuanto resulta inexcusable que dicho proceso se acompañe de un nivel de logro de tales objetivos de forma equilibrada entre los diferentes lugares que conforman el territorio de referencia, lo que significaría una igualación aceptable entre los diferentes grupos socio-espaciales, usando ese importante concepto de la Geografía social.

Aunque no es el propósito de este capítulo abordar una revisión del concepto de desarrollo territorial, sí resulta procedente patentizar en qué forma unas actividades concretas como los llamados servicios colectivos conciernen al mismo. Con ello se pretende aportar y clarificar la base argumental sobre la que las aportaciones de esta obra se cimientan.

Como en otro lugar se ha argüido más extensamente (vid. Moreno y Vinuesa, 2006 y 2008), un desarrollo territorial equilibrado implica una serie de principios o valores profundamente enraizados en las sociedades actuales los cuales dan sentido cabal y completo a dicha expresión (figura 1). En los próximos subapartados trataremos de clarificar de forma sucinta cómo los servicios colectivos inciden sobre tales principios.

2.1. Calidad de vida, bienestar y malestar social

La relevancia social de estos conceptos está largamente acreditada y apoyada por una amplia tradición de estudios en prácticamente todas las ciencias sociales, así como en las acciones emanadas de las instancias políticas. La calidad de vida atañe a la disposición de bienes materiales, prestaciones, rasgos del entorno y del ambiente, del contexto social, político, etc. que afectan a la vida cotidiana de la población. La noción de bienestar, por su parte, estrictamente concierne a la subjetividad individual, por cuanto alude a la "satisfacción social, espacial, espiritual [y] es función de un conjunto de variables interdependientes y de la idea que los individuos se hacen de él" (Bailly, 1981, p. 151). Aunque no sean exactamente la misma cosa, el entendimiento sin embargo de ambos conceptos involucra a una serie de dimensiones comunes entre las que habitualmente son incluidas las siguientes: educación, trabajo y economía, distribución y consumo, protección social, salud, vivienda, infraestructuras, medio ambiente, cultura y ocio, oportunidades sociales e integración y seguridad.

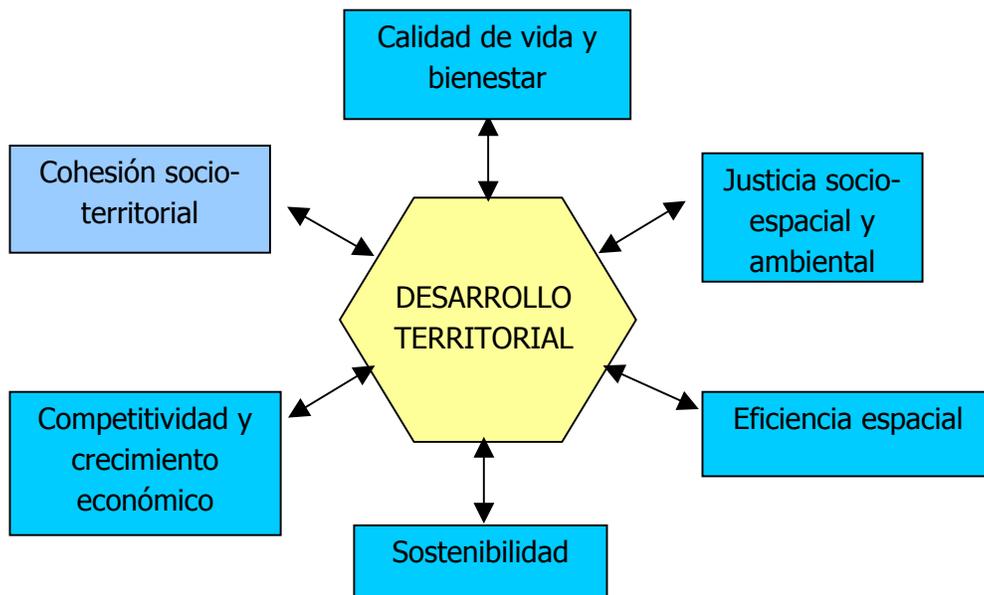


Figura. 1. Entendimiento del desarrollo territorial en términos de los principios y valores sociales involucrados. *Fte. Adaptado de Moreno y Vinuesa (2006, 2008).*

Los servicios colectivos, bien como equipamientos físicos, bien como organizaciones operativas, presentan unos patrones espaciales de ubicación, cantidad y características que proporcionan a los ciudadanos unas oportunidades desiguales de uso y disfrute de los mismos, conformando así lugares de superior o inferior calidad para vivir. De esta forma, su presencia y nivel de dotación se constituye en una de las manifestaciones más conspicuas de la calidad de vida que ha de definir el desarrollo.

Pero más allá de la disponibilidad objetiva de tales servicios, lo determinante es que ellos son susceptibles de generar "utilidades" a través del uso por los ciudadanos. Es así, mediante la satisfacción de las necesidades humanas vía dicha utilización, como en última instancia se proyectan en el bienestar. Geográficamente este punto adquiere una trascendencia singular, por cuanto está bien demostrado hasta qué punto tal uso y satisfacción depende de factores espaciales como la distancia entre el destinatario y el punto de oferta del servicio. La conducta espacial humana (i. e. los desplazamientos) está fuertemente condicionada por

dicha distancia, lo que termina afectando de manera directa al logro de dicho bienestar (o en su defecto, generando frustración y malestar).

Pero al mismo tiempo cabe recordar que un cierto número de tales equipamientos dispensando servicios colectivos producen también efectos negativos (desutilidades, perjuicios) sobre la población, tal como enunciamos anteriormente. Se trata de las conocidas como externalidades negativas (vid. Moreno y Escolano, 1992, p. 214-219; Moreno, 1995a) que inciden en la subjetividad humana bajo la forma de malestar. Geográficamente, de nuevo el punto a destacar estriba en que tales efectos negativos definen campos espaciales de intensidad variable y que uno de los determinantes principales de la variación de dicha intensidad radica en la distancia. En definitiva, calidad de vida, bienestar y malestar aparecen inextricablemente condicionados por la territorialidad de los equipamientos y de los ciudadanos (en tanto que destinatarios, usuarios o afectados).

El asunto adquiere mayor relieve aún si se considera la emersión de contradicciones o conflictos entre el interés colectivo y el interés individual originados por la distribución espacial de algunos equipamientos. En efecto, ciertos servicios presentan la particularidad de ser necesarios y repelentes al mismo tiempo. Hay una conciencia de que colectivamente son imprescindibles, pero individualmente nos molestarían o perjudicarían si los tuviésemos cerca. Esto es, aparecen como convenientes y necesarios, pero provocan repelencia desde la perspectiva individual. El abordaje de tal contraposición requiere ineludiblemente una perspectiva espacial, que junto a las otras dimensiones (política, económica, legal, etc.), sea capaz de aportar el marco apropiado para la búsqueda de soluciones a problemas de gestión a veces harto difícil.

2.2. Justicia socio-espacial y ambiental

El ideal de justicia está profundamente arraigado en las sociedades modernas, lo cual ha traído aparejado dos corolarios. Por un lado, que dicho principio se considere uno de los pilares rectores, en general, de la organización social y, en particular, de las normativas y de la acción de los agentes sociales. Por otro, que el significado de ese concepto haya sido objeto de amplio escrutinio entre estudiosos de diversas disciplinas. La expresión de justicia espacial – o quizá mejor socio-espacial –, una de las aportaciones recientes desde la disciplina geográfica al acervo común, ha acaparado la atención de no pocos autores e inspirado a bastantes trabajos, tanto de índole teórica, como aplicada (vid., por ejemplo, Moreno

2005-06 y 2007). En esencia, como principio positivo alude al grado de imparcialidad o igualdad en la participación, distribución, consecución de algún bien (recurso) o servicio, considerando en la valoración no solo al sujeto receptor de la justicia, sino también y de forma sustantiva el ámbito o lugar donde se ubica. Es decir, se enfatiza la territorialidad de la equidad por cuanto, como se constata frecuentemente, una de las causas más profundas de las desigualdades e injusticias surge por el lugar de residencia o de nacimiento. Como es bien sabido, los condicionantes de orden espacial se constituyen precisamente en factores determinantes del fallo de la teoría de los bienes públicos puros (Pinch, 1985), que en su momento se postuló como inspiradora de la organización y gestión del sector público en el estado moderno.

En materia de servicios colectivos, el problema de las desigualdades e injusticias, que en un escenario ideal de desarrollo deberían ser minimizadas, constituye uno de los focos de atención prioritaria, por dos razones: primero, por cuanto atañen a la satisfacción de necesidades a menudo básicas del ser humano que comunitariamente se considera deben quedar cubiertas; y segundo, por cuanto la responsabilidad de actuar (proveer, distribuir, satisfacer social y espacialmente tales servicios) en muchos países es una competencia del sector público. El origen fiscal de los fondos para financiar tales actividades comporta, además, la exigencia del máximo grado de equidad en el proceso de provisión-uso.

La justicia territorial, como a menudo se la denomina, concierne principalmente a la provisión de recursos o al logro de resultados por las personas en cada lugar de manera imparcial, i. e. no discriminatoria. Ello implicaría ajustarse bien al concepto de igualdad, bien al de proporcionalidad a algún criterio "justo". Sin embargo, las injusticias socio-espaciales derivadas de los sistemas de provisión-utilización existentes, pueden originarse por causas variadas: discriminación en los niveles de dotación entre unos lugares y otros, desatención a las necesidades específicas de los distintos grupos socio-espaciales, diferencias graves en la accesibilidad espacial a los centros de servicio (algunos muy favorecidos, otros muy perjudicados por remotos o aislados), divergencias agudas en los niveles de logro-satisfacción entre los usuarios, etc.

Las formulaciones operativas a las que se suele acoger la aplicación de la equidad espacial en los servicios colectivos son varias: A) Igualdad espacial: atiende a reducir las diferencias per cápita entre zonas en lo concerniente a provisión. B) Justicia territorial: avista a realizar la provisión zonalmente de acuerdo con las necesidades de cada ámbito. C) Estándar

mínimo: se establece un umbral o nivel de necesidades que, como mínimo, debe ser satisfecho al objeto de evitar la injusticia; superado tal umbral las diferencias podrían ser ya admisibles. D) Prioridad a los más desfavorecidos: distribuir espacialmente los servicios de suerte que los lugares más desfavorecidos estén lo mejor posible.

El hecho, antes mencionado, de que ciertos equipamientos en su funcionamiento regular generen campos de externalidades negativas en su derredor, obliga también a recordar la pertinencia y necesidad de tener en cuenta el principio de justicia ambiental (vid. Moreno, 2008), a la hora planificar y gestionar espacialmente algunos servicios colectivos. Desde ese punto de vista, resulta exigible una evaluación de cómo se reparten socio-territorialmente las cargas (molestias, amenazas, perjuicios, etc.) inherentes a algunas de tales actividades y que, con frecuencia, son soslayadas por los decisores, aunque muy sentidas por los afectados; ello atañe en particular los residentes próximos a los equipamientos generadores, los cuales pueden tener que soportar, injusta y desproporcionadamente, una carga muy superior en relación con el beneficio que obtienen.

2.3. Eficiencia espacial

La eficiencia es un principio de aceptación casi universal y en lo concerniente al plano económico resulta un constituyente esencial. La meta priorizada por este principio es la de maximizar los logros dados unos recursos o minimizar los insumos necesarios para conseguir unos objetivos marcados, lo que implicaría una asignación óptima de tales insumos. El concepto de eficiencia espacial, en lo atinente a servicios colectivos, se focaliza en la búsqueda del máximo en los logros socio-espaciales del sistema de provisión-uso-satisfacción, dados unos recursos.

Las facetas más conspicuas para la aplicación de este principio a la hora de planificar espacialmente servicios colectivos de forma óptima pueden ser varias:

- A) Distribución espacial: repartir y organizar territorialmente las dotaciones y áreas de servicio de manera que puedan llegar y atender eficazmente a más lugares y personas - en su ubicación - con los recursos disponibles. Otra versión aludiría a conseguir unos objetivos de "cobertura" socio-espacial con el mínimo coste.

- B) Accesibilidad espacial: conseguir que todos o la mayoría de los destinatarios del servicio estén dentro de un determinado radio de distancia, tiempo o coste de desplazamiento al equipamiento.
- C) Costes de desplazamiento: puesto que el uso de los equipamientos genera desplazamientos (para el usuario o proveedor), un funcionamiento eficiente implicaría que tales costes (económicos, temporales, incomodidad, etc.) se minimizasen globalmente. Ello habría de concernir, por ejemplo, a la organización de rutas de distribución o recogida (cuando el transporte recae bajo la responsabilidad del proveedor, como sucede en las rutas de autobuses escolares), itinerarios de líneas de transporte públicos, trazado de infraestructuras viarias, etc.

2.4. Sostenibilidad

Probablemente no sean los servicios colectivos unas actividades en las que se depare al evocar el concepto de sostenibilidad. El sesgo y parcialidad con que a menudo se entiende el mismo, restringido al ámbito del medio ambiente físico y de los recursos naturales, hace olvidar que la perdurabilidad y mantenimiento no solo debe atañer a ese componente, sino también y prioritariamente a un elemento esencial del medio, la propia sociedad humana.

Cabe reclamar al respecto que no pocos equipamientos y servicios colectivos afectan directamente a ese sostenimiento de la especie humana en condiciones menos degradadas que anteriormente, tanto en las relaciones sociedad-medio físico, como en las puramente sociales. Expondremos algunos argumentos de apoyo a tal aserto, para evidenciar la relevancia del principio para los fines de este libro.

Es bien sabido en qué medida las relaciones sociales adquieren expresiones a veces nocivas o perjudiciales para las propias comunidades humanas: baste citar los problemas de delincuencia, orden público, marginación-exclusión, malos tratos a ciertas personas, etc. los cuales demandan servicios de orden, seguridad, protección civil y asistencia social, higiene y salud pública, etc. asumidos en mayor o menor grado por las organizaciones públicas o privadas. Parece legítimo reivindicar que uno de los significados y cometidos de tales actividades estriba precisamente en asegurar unas condiciones de sostenibilidad de la vida humana individual y de las comunidades socio-territoriales, tanto en el presente como en el futuro. Policía, prisiones, reformatorios, servicios de atención a

discapacitados, dependientes, marginados, maltratados, etc. son ejemplos contundentes de actividades imbuidas en su origen por el principio de sostenibilidad en un sentido social.

Pero también, y de manera regular, los servicios colectivos involucran a la dimensión físico-ambiental de la sostenibilidad. Dos clases de efectos cabe reseñar en esta línea. Una primera concierne a las anteriormente mencionadas externalidades ambientales negativas, generadas por ciertas actividades. Baste recordar las vinculadas a grandes instalaciones deportivas (e. g. campos de fútbol) o a eventos lúdico-musicales (espectáculos y conciertos al aire libre; zonas de ocio juvenil). Congestión de tráfico y aparcamiento, gamberrismo, inseguridad, ruido, generación de basura y suciedad, etc. son manifestaciones bien constatadas alrededor de muchos de tales lugares, lo que implica degradación ambiental, a menudo insuficiente o nulamente corregida por los sistemas disponibles.

Una segunda categoría de impacto atingente a la sostenibilidad ambiental se vincula a los desplazamientos motivados por el uso o prestación de servicios colectivos y que son un componente destacado de la movilidad habitual de la población o de los proveedores. La ubicación de los centros de servicio respecto a los destinatarios o demanda potencial puede generar unos consumos de variados recursos (materializados en costes económicos, de tiempo, esfuerzo, incomodidad o riesgo). Al respecto conviene subrayar que una parte de dichos movimientos se realiza mediante medios mecánicos (vehículos), que son consumidores de energía. Un desajuste espacial grave entre oferta y demanda implicaría, vía la movilidad inducida, un indudable mayor consumo de recursos energéticos, lo que contravendría la meta de sostenibilidad. En definitiva, la conservación de recursos (o la minimización del consumo de los mismos para lograr los objetivos sociales) aconsejaría la búsqueda de soluciones de ubicación óptima para tales servicios colectivos.

2.5. Competitividad y crecimiento económico territorial

El entendimiento de los servicios para la población como factor de competitividad y de crecimiento económico territorial no ha sido reconocido hasta fechas relativamente recientes. La teoría clásica de la base económica exportadora los había asimilado al grupo de funciones banales o no-básicas y de alcance meramente local, por estar destinados casi exclusivamente a la demanda próxima. Al igual que pasó con otras actividades de servicios (e. g. los dirigidos a las empresas o el comercio

minorista), últimamente ha tenido lugar un proceso de revisión doctrinal que ha postulado y puesto en evidencia cuán errónea era tal premisa (vid. Illeris y Phillippe, 1993; Moreno 1997; Moreno, 2001).

Dos son las facetas de los equipamientos claramente aducibles como coadyuvantes directas del crecimiento competitivo. En primer lugar, y como han desvelado las conclusiones de ciertos estudios sobre las pautas recientes de implantación de actividades económicas, resulta que un entorno geográfico rico en equipamientos constituye un activo territorial relevante, por cuanto éstos añaden un atractivo para el asentamiento allí de otras actividades económicas, en particular las funciones avanzadas (e. g. parques tecnológicos o científicos, sedes regionales o centrales de empresas, etc.), cuyos empleados de alta cualificación hallan en tales lugares una calidad de vida y bienestar motivadores. Por tal motivo, la dotación de equipamientos de alto nivel (en educación, salud, cultura, ocio, etc.) en ciertas localidades está constituyendo un instrumento excelente y preferente de las políticas de desarrollo territorial, que de esta manera buscan conformar ámbitos gratos a las funciones productivas más pujantes y conspicuas de las sociedades postindustriales.

En segundo lugar, el crecimiento económico territorial puede ser inducido, no de manera indirecta como en el argumento anterior, sino de forma directa a través de la propia actividad de algunos equipamientos. En efecto, ciertos servicios para la población, tanto si son prestados por el sector público, como por entidades privadas, poseen una envergadura tal que su "área de influencia" (sería más exacto decir ahora área de mercado) desborda con creces el ámbito local, captando la mayoría o una parte sustancial de sus usuarios en la región, otras regiones u otras naciones. Varias causas están concitándose para ampliar el área de servicio de dichas actividades: por un lado, la creciente movilidad de la población que está permitiendo diversificar el conjunto espacial de elección ("spatial choice set") de los consumidores a la hora de considerar dónde obtener bienes y servicios; en la práctica ello significa que lugares mucho más distantes se incorporan a ese conjunto elegible. Por otro, las estrategias de expansión de las organizaciones (públicas o privadas) prestadoras de algunos servicios para el consumo final, las cuales están progresivamente posicionándose y operando de forma activa en otros "mercados", bien del mismo país, bien de otros países, en un movimiento que recuerda al que aconteció hace años con las empresas (las multinacionales). A esa tendencia de la demanda y la oferta de servicios colectivos, que exhibe una convergencia hacia un mismo fin - la ampliación del espacio de operación - ,

coadyuvan, como es bien sabido, los avances tanto en los transportes, como en las redes telemáticas.

Sea como fuere, y esta es la conclusión significativa, a partir de las consideraciones recién expuestas queda de manifiesto que ciertos servicios colectivos están adquiriendo el carácter de actividades básicas, es decir exportadoras, generando rentas a los lugares y comunidades donde se ubican los equipamientos o sus sedes centrales, ya que atraen demanda (y por tanto gasto) de otros lugares, con ámbitos de influencia que recorren todas las escalas, desde la local (servicios de proximidad), hasta la global (servicios de prestigio que captan usuarios o clientes de países incluso lejanos) o ejercen sus funciones como organizaciones multi-localizadas, en lugares distantes y de forma eficaz.

2.6. Cohesión e integración socio-espacial

El concepto de cohesión referido a las sociedades humanas alude a la existencia de un grado de integración elevado en una comunidad, apoyado en un sustrato de ideas, valores, reglas, condiciones de vida y conductas ampliamente asumido por los actores sociales. Frente a la cohesión, la disgregación y desintegración denotan una prevalencia de las fuerzas centrífugas entre dichos agentes y unas capacidades de autoorganización y actuación menguantes y, tanto más, cuanto más aumenta la disociación. Resulta pertinente recordar la revisión efectuada por Beauvais y Jenson (2002: 2; cit. en Sanahuja, 2007) quienes identifican una serie de componentes en dicho concepto: a) los valores comunes y la cultura cívica; b) el orden social y el control social; c) la solidaridad y la reducción de las disparidades en la distribución de la riqueza; d) las redes sociales y el denominado «capital social», y e) el sentido de pertenencia e identidad definida por el territorio, la cultura, u otros factores.

La cohesión entre comunidades y territorios ha ido ganando protagonismo en las últimas décadas como elemento inherente al desarrollo y la doctrina impulsora de acciones en pro de dicha meta ha calado en las instancias políticas. Ello resulta particularmente cierto en un buen número de países, y en especial en la Unión Europea, donde el principio de cohesión ha adquirido un rango trascendental al haberse constituido en el eje central de las políticas del reparto de fondos presupuestarios comunitarios entre países y regiones, de cara a lograr una reducción de las disparidades económicas, sociales y territoriales (vid. European Union 2004).

En lo que concierne a nuestra línea argumental aquí, resulta bastante inmediato reconocer que no pocos servicios colectivos contribuyen decisivamente a la cohesión socio-espacial, puesto que coadyuvan a conformar varios de los componentes de dicho concepto: la educación inspira unos valores y cultura socialmente compartidos, los servicios de seguridad y orden garantizan las libertades fundamentales, los servicios sociales pretenden paliar la exclusión y la marginalidad; en fin bastantes servicios públicos (e. g. de salud, deporte, cultura, etc.) son financiados en muchos países mediante impuestos, lo que implica unos mecanismos de solidaridad entre las zonas más y menos ricas, de suerte que las desigualdades socio-espaciales se reduzcan.

En realidad, una reflexión más penetrante puede vislumbrar que, indirectamente y a través de los otros principios que en este apartado se han glosado, los servicios colectivos poseen una incidencia sobre la cohesión. Ello queda quizá más claro si se toma conciencia de que sus antítesis - malestar, injusticia y desigualdad, insostenibilidad, ineficiencia, depresión económica, etc. - provocan el cuarteamiento y fractura entre grupos sociales y comunidades territoriales, visualizando así las múltiples lacras y brechas que aquejan al subdesarrollo.

3. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS SOBRE PLANIFICACIÓN DE SERVICIOS COLECTIVOS APOYADA EN SIG

Asumiendo los anteriores principios como inspiradores de las políticas sobre servicios colectivos, el análisis de los mismos con miras aplicadas, es decir, con la finalidad de formular planes o actuaciones, conlleva una serie de tareas que se pueden organizar como fases ejecutables secuencialmente (vid. también Moreno, 1995 b, 117-120). En aras de servir de orientación o guía para el estudioso, pueden ser enunciadas de forma resumida como un **protocolo metodológico** general, adaptable según las particularidades de cada caso. En la figura 2 se muestran dichas etapas como un diagrama. En la fase de diagnóstico de la situación se trata de determinar los problemas actualmente existentes en el sistema de provisión y uso de los servicios colectivos. Elementos típicos a abordar en ella conciernen a:

- Análisis de niveles dotacionales recurriendo, por ejemplo, a estándares normativos o magistrales basados en la relación recursos / demanda.

- Examen de indicadores de logros y satisfacción-insatisfacción de los usuarios o afectados. Habitualmente los datos se referirán a unidades zonales relevantes, o bien a cada uno de los centros de servicio.
- Análisis de la accesibilidad espacial actual a los puntos de servicios desde cada lugar con demanda.
- Caracterización de las pautas de conducta espacial de los usuarios o de distribución del servicio a domicilio por parte del proveedor.
- Determinación de las incompatibilidades entre los equipamientos y otros usos del suelo, derivados de una proximidad mutua excesiva.

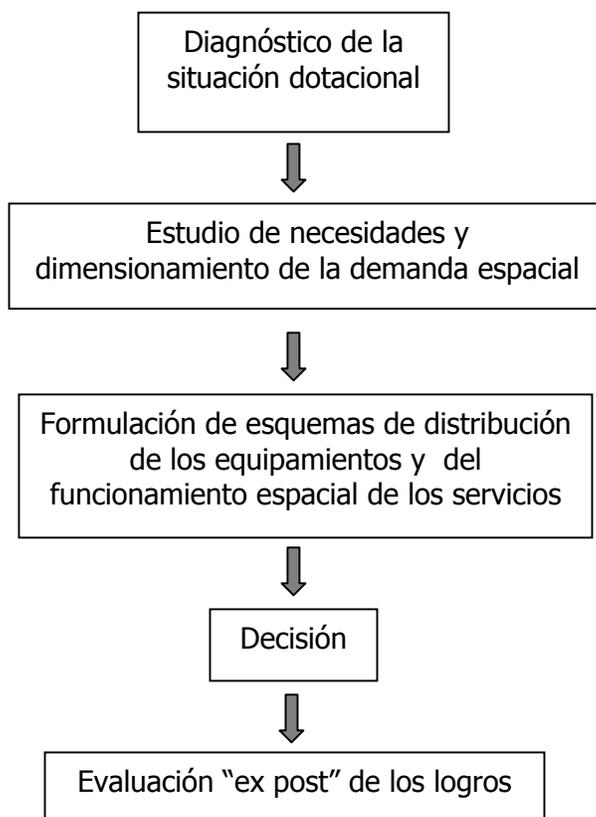


Figura 2. Esquema metodológico del proceso general de estudio para la toma de decisiones espaciales sobre servicios colectivos.

En la etapa siguiente el objetivo estriba en identificar y medir la necesidad social, de cara a lograr un dimensionamiento de la demanda a satisfacer. Geográficamente una faceta obligada en esta fase estriba en obtener una desagregación espacial de la misma, esto es, conocer a cuántos y quienes habría que atender en cada lugar. Dependiendo de los objetivos avistados en la planificación, puede ser necesario considerar no tanto el escenario actual, sino otro futuro, o varios momentos a lo largo de un período posterior.

A partir de los hallazgos de las dos etapas descritas es posible ya avistar la tarea de definir qué patrón espacial de la oferta, i. e. de dotaciones, y qué forma de funcionamiento espacial de los servicios provistos resulta más apropiada para resolver los problemas diagnosticados y satisfacer la demanda identificada. Aquí típicamente resultan apropiadas técnicas como los modelos de localización óptima – objeto central de esta obra- o las de evaluación multicriterio.

Tras la eventual decisión por parte de quienes detentan esa facultad – instituciones públicas o empresarios, en el caso de oferta privada - queda aún margen para la participación de los expertos en la fase de seguimiento o evaluación “ex post” de los resultados. El objetivo de ella recae en determinar si las decisiones adoptadas están alcanzando los fines avistados o si deben ser revisadas en algunos de sus aspectos.

Como continuación de este breve esbozo metodológico procede añadir que el desarrollo de cualquier estudio de planificación sobre servicios colectivos para la población requiere disponer de una cierta cantidad de **geoinformación**. Su concreción puede ser ligeramente distinta según las especificidades del servicio en cuestión, pero genéricamente cabe señalar estos componentes informativos comunes a todos o la mayoría de ellos:

- Inventario de los equipamientos, de los recursos disponibles y de sus atributos.
- Base de datos con las delimitaciones de las áreas de servicio actuales y sus atributos, e. g. zonas escolares, áreas de salud, áreas de servicios sociales, etc.
- Base de datos espacial de los usuarios actuales y sus rasgos relevantes.
- Base de datos espacial de la población o de los segmentos de la demanda objetivo.
- Bases de geodatos digitales relativas a las infraestructuras y medios para el transporte (vías -calles, carreteras, etc.-, líneas de transporte, paradas y estaciones, etc.), y plano parcelario.

- Bases de datos espaciales de actividades, instalaciones y usos del suelo relevantes (especialmente los que interactúan con los equipamientos en cuestión y con su funcionamiento regular).

La **tecnología SIG**, como es conocido, ofrece una potente gama de prestaciones para soportar las tareas de toma de decisiones y ello se extiende al campo de nuestro interés aquí. La primera y quizá la más conocida sea la de proporcionar un gestor de bases de geodatos, por lo cual los anteriores ingredientes informativos habrán de ser primero estructurados y almacenados en la base de geodatos digital de un SIG. Ello permitirá después la ejecución con el mismo SIG de las operaciones analíticas necesarias de forma ágil. Entre las habitualmente requeridas en este tipo de estudios cabe mencionar las siguientes:

- Visualización exploratoria de datos y presentación cartográfica de resultados.
- Búsquedas temáticas, espaciales y mixtas.
- Operaciones de geoprocésamiento: áreas próximas (buffers, polígonos de Voronoi / Thiessen), "point-in-polygon analysis", uniones espaciales, etc.
- Análisis estadístico-espacial: técnicas centrográficas, resúmenes estadísticos univariados, coeficientes y modelado de relaciones espaciales bivariadas y multivariantes, etc.
- Resolución de modelos de accesibilidad, predictivos y de simulación espacial, e. g. de áreas de servicio, de demanda prevista, de afección o impactos, etc.
- Aplicación de técnicas de búsqueda de soluciones y formulación de decisiones, e. g. modelos de localización óptima y métodos de evaluación multicriterio.

No procede aquí profundizar más al respecto, pero sí anticipar que en los restantes capítulos del libro quedarán bien ilustrados muchos de tales tratamientos.

4. CONCLUSIÓN

El desarrollo constituye desde hace mucho una meta y al mismo tiempo un desafío permanente de todas las sociedades. El entendimiento de la idea de desarrollo, sin embargo, no ha permanecido inalterable a lo largo del tiempo, sino que, como concepto dialéctico, ha ido adquiriendo significados sensiblemente distintos. En la actualidad cabe reconocer y afirmar que se halla nutrido por una serie de componentes o principios de valor que le

confieren un perfil más rico y completo que el aceptado hace algunos años. Frente al énfasis antaño en un limitado conjunto de vectores, esencialmente girando en torno a los ejes de crecimiento económico industrial y de calidad de vida-bienestar, en fechas más recientes se han incorporado nuevos objetivos (e. g. sostenibilidad, cohesión, justicia ambiental y espacial, etc.) devenidos deseables y que paulatinamente están marcando la agenda de acción de las organizaciones políticas y privadas.

Pese a la creciente globalización, singularmente intensa en la circulación de información, la territorialidad y compartimentación de las sociedades humanas en unidades políticas y culturales ocasiona diferencias patentes, tanto en el plano de las ideas sobre el desarrollo, como sobre todo en su asunción por los actores sociales y en la puesta en práctica de políticas y conductas sociales para avanzar en el mismo. En cualquier caso, y en lo que atañe a nuestros intereses argumentales, procede recordar que los servicios colectivos, en tanto que actividades de creciente relevancia, se han constituido desde siempre en un componente esencial de la idea de desarrollo. Al respecto, en la revisión ejecutada en este capítulo, se ha intentado establecer de manera meridiana el significado de dichas actividades en el marco del entendimiento actual del desarrollo, como integrador de un amplio conjunto de valores socialmente compartidos. En las sociedades avanzadas, no solo en el plano de las doctrinas económicas, sino también por su papel social y también político, hay evidencia de que tales están adquiriendo un protagonismo imparable. En los ámbitos menos desarrollados, los crónicos menores niveles de dotaciones en servicios colectivos, junto con las derivaciones de esta nueva conceptualización del desarrollo, conducen a un desafío especialmente arduo que demanda decisiones atinadas para maximizar los avances y logros en las políticas dotacionales, con unos recursos harto limitados.

En este sentido, y como al principio se dijo, la tesis explícita de esta obra estriba en que es posible ordenar espacialmente mejor los equipamientos para la población mediante la adopción de conceptos, métodos, técnicas y sistemas de información geográfica que ayuden a tomar decisiones más acertadas y en línea con la perspectiva actual del desarrollo territorial. De cara a dar corporeidad a esa proposición, en otros apartados se ha expuesto una metodología general para la ejecución de análisis orientados a la planificación de servicios colectivos y se han enunciado someramente los principales tipos de tratamientos mediante los cuales los SIG pueden contribuir decisivamente en ese proceso. En los capítulos siguientes se

tratará de mostrar, ya mediante herramientas y casos concretos, la viabilidad y potencialidades de las propuestas aquí anticipadas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- BAILLY, A. S. 1981. *La géographie du bien-être*. PUF. París.
- BANCO MUNDIAL. 2003: *Informe sobre el desarrollo mundial 2004: Servicios para los pobres*. Mundi-Prensa Libros y Alfaomega Grupo Editor. Madrid y Bogotá. Disponible en:
http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2004/03/23/000160016_20040323133808/Rendered/PDF/26895010spanish10paper.pdf
 [Consultado: 10/9/2008].
- BOSQUE, J.; MORENO, A. 2004, Eds. *Sistemas de información geográfica y localización 'óptima' de instalaciones y equipamientos*. Ra-Ma. Madrid.
- EUROPEAN UNION 2004. *A new partnership for cohesion. Convergence, competitiveness, cooperation. Third report on economic and social cohesion*. Luxembourg. Office for Official Publications of the European Communities. Disponible en:
http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/reports/cohesion3/cohesion3_en.htm [Consultado 14/07/2008].
- ILLERIS, S.; PHILLIPPE, J. 1993. Introduction: The role of services in regional economic development. *The Services Industries Journal*. 13 (2): 3-10.
- MORENO JIMÉNEZ, A. 1995a. La medición de externalidades ambientales: un enfoque espacio-temporal. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. 15: 485-496.
- MORENO JIMÉNEZ, A. 1995 b. Planificación y gestión de servicios a la población desde la perspectiva territorial: algunas propuestas metodológicas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 20: 115-134. Disponible en:
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1318497> [Consultado: 9/9/2008].
- MORENO JIMÉNEZ, A. 1997. Los servicios a las empresas en el espacio metropolitano: localización, dinámicas y políticas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 24: 29-52. Disponible en:
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1318536> [Consultado: 9/9/2008].
- MORENO JIMÉNEZ, A. 2001. Interurban shopping, new town planning and local development in Madrid metropolitan area. *Journal of Retailing and Consumer Services*. 8 (5): 291-298.
- MORENO JIMÉNEZ, A. 2006-07. En torno a los conceptos de equidad, justicia e igualdad espacial, *Huellas, Revista de la Universidad Nacional de La Pampa*. 11: 133-142.

MORENO JIMÉNEZ, A. 2008. Justicia ambiental. Del concepto a la aplicación en diagnóstico, planificación y análisis de políticas territoriales. *Scripta Nova*. 23 p. (presentado para publicación).

MORENO JIMÉNEZ, A.; ESCOLANO UTRILLA, S. 1992. *El comercio y los servicios para la producción y el consumo*. Síntesis. Madrid.

MORENO JIMÉNEZ, A.; VINUESA ANGULO, J. 2006. *Bases teórico-metodológicas para el análisis de la situación y la evolución del reequilibrio territorial en la ciudad de Madrid*. Ayuntamiento de Madrid, Área de Economía y Participación Ciudadana. Madrid. 162 p. (policopiado).

MORENO JIMÉNEZ, A.; VINUESA ANGULO, J. 2008. Desequilibrios y reequilibrios intrametropolitanos: principios de evaluación y metodología de análisis. *Ciudad y Territorio – Estudios Territoriales*, 32 p. (sometido para publicación).

PINCH, S. 1985. *Cities and services. The geography of collective consumption*. Routledge and Kegan Paul. Londres.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. 2003. *Informe sobre desarrollo humano 2003. Objetivos de Desarrollo del Milenio: Un pacto entre las naciones para eliminar la pobreza*. Mundi-Prensa, Madrid. Disponible en:

<http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2003/chapters/spanish/> [Consultado: 10/9/2008].

SANAHUJA, J. A. 2007. Cohesión social: la experiencia de la UE y las enseñanzas para América Latina. *Quórum*. 18, 9 p. Disponible en:

<http://www.revistasculturales.com/articulos/imprimir/26/quorum/775/cohesion-social-la-experiencia-de-la-ue-y-las-ensenanzas-para-america-latina.html>

[Consultado 14/07/2008].

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS ESPACIALES EDUCATIVOS: APLICACIÓN A LA CIUDAD DE LUJÁN

GUSTAVO D. BUZAI – CLAUDIA A. BAXENDALE

1. INTRODUCCIÓN

El análisis exploratorio de datos (EDA, *Exploratory Data Analysis*) se considera un instrumento indispensable al momento de realizar las primeras aproximaciones al estudio de la estructura de la información socio-espacial en una determinada área de estudio.

Actualmente estas técnicas se potencian al contar con las posibilidades de vinculación interactivas entre las representaciones cartográficas digitales y las bases de datos asociadas en el ambiente de los SIG y los SADE (Anselin, 2003), avanzando en los caminos que propone la Visualización Geográfica (GVis, *Geographical Visualization*) como nuevo campo de desarrollo temático.

La presente aplicación tiene como objetivo abordar estas posibilidades técnico-metodológicas poniendo su foco de atención en variables educativas para los aplicaciones exploratorias específicas: (a) una aproximación bivariada (2D) como proveedora de una situación contextual asociada a la localización de escuelas medias, y (b) una aplicación trivariada (3D) para la determinación de la distribución de correspondencias espaciales de los porcentajes del máximo nivel educativo alcanzado para la población de cada unidad espacial.

En este sentido, las aplicaciones realizan un análisis espacial local como aproximación de detalle a una serie de cuestiones sociales y educativas en el área de estudio. Aspecto que según Fotheringham *et al.* (2000), constituye una tendencia importante del desarrollo metodológico cuantitativo actual, potenciada por los nuevos desarrollos digitales en materia de representación, de esta manera, la utilización de estas herramientas permiten valorar estados, caracterizar diferentes situaciones y generar diagnósticos precisos de la realidad socioespacial.

2. ASPECTOS CONCEPTUALES

2.1. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS ESPACIALES

A partir del trabajo de Tukey (1977) se han comenzado a afianzar y difundir las técnicas del análisis exploratorio de datos como herramientas que permiten realizar un estudio inicial de los mismos en aproximaciones gráficas previas a la realización de procedimientos estadísticos de mayor complejidad, como por ejemplo el análisis multivariado o el análisis de regresión múltiple.

La variedad de técnicas posibles se encuentran bien desarrolladas en una serie de obras actuales: Agresti y Finlay (1994), Bosque Sendra y Moreno Jiménez (1994) y Hair *et al.* (1999).

Esta aplicación inicial tiene por objetivo que el investigador cuente con información estructural del comportamiento de cada variable (univariado), como así también de las relaciones existentes entre dos (bivariado) y tres (trivariado) variables. Aplicación que además de este comportamiento estructural permite descubrir errores en la codificación de los datos, determinar los casos anómalos (*outliers*) y la posibilidad de comprobar supuestos necesarios para la aplicación de la mayoría de los test estadísticos.

Focalizando nuestra atención en el análisis socio-espacial de datos censales, un primer paso es la confección de una matriz de datos originales o matriz de datos índice, en la cual las filas (registros) corresponden a las unidades espaciales y las columnas (campos) a las variables (Buzai, 2003) y a partir de allí aplicar los diferentes procedimientos a datos cuantitativos de naturaleza continua medidos en escala de intervalo o de razón.

En el nivel univariado, de acuerdo con Bosque Sendra (1994) son tres las medidas que se deben realizar: (a) centralidad, valor de mayor representatividad, (b) dispersión, variabilidad respecto de la centralidad, y (c) distribución de cada dato en el continuo numérico.

Estas búsquedas, en la estadística básica, llegan a resultados a partir de la aplicación de procedimientos aritméticos, mientras que a través del análisis exploratorio de datos estas características se hacen evidentes de forma visual mediante la realización de gráficos específicos, los cuales permiten hacer resaltar sus principales cualidades.

El trabajo de Salvador Figueras y Gargallo (2003) considera que en la escala de medida *nominal* son de utilidad los diagramas de barra, línea y sectores; para la *ordinal* el *box-plot* que brinda como resultado la

posibilidad cartográfica del *box-map*, mientras que para la escala de medida de *intervalos* se utilizan los histogramas y polígonos de frecuencia. El nivel bivariado (2D) y trivariado (3D) se basa en procedimientos comparativos del comportamiento de variables, técnica que se apoya en los denominados *diagramas de dispersión* con dos y tres ejes de coordenadas respectivamente, a partir de los cuales las nubes de puntos formadas por las mediciones individuales muestran una aproximación al tipo, tendencia e intensidad de la relación.

A los fines prácticos se considera inicialmente que las relaciones se producen de forma lineal (línea que mejor representa el ajuste a la configuración de la nube). Con esto, el gráfico de dispersión 2D permite verificar las otras dos características esenciales: (a) el sentido de la relación, y (b) su intensidad. Aspectos que se hacen evidentes fácilmente a partir de la configuración gráfica.

Los niveles de relación 2D y 3D son los que permiten realizar las aplicaciones del presente capítulo a partir de la definición de diferentes espacios de correspondencia entre las unidades espaciales.

Las posibilidades tecnológicas actuales del análisis exploratorio de datos como técnicas de uso interactivo –gráficos intermedios entre las bases de datos alfanuméricas y la cartografía digital– amplían sus posibilidades de manera notable (Anselin, 1998), principalmente al incorporar una dimensionalidad espacial que la lleva a un análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) de gran potencialidad interpretativa.

2.2. INTERACTIVIDAD EN EL ANÁLISIS Y LA VISUALIZACIÓN

Los cambios que se están produciendo en el uso y función de la cartografía como representación del mundo son uno de los puntos centrales de las actuales perspectivas digitales, donde la interactividad en ambientes virtuales van tomando un lugar preponderante (Buzai, 2001).

Si bien los mapas tradicionales se considera que han representado el espacio geográfico principalmente desde un punto de vista estático, en la actualidad el formato digital los lleva a tener un dinamismo muy importante a través de la flexibilidad que les brinda la interactividad del trabajo realizado en bases de datos alfanuméricas (variables) y gráficas (cartografía) vinculadas.

En el presente capítulo serán presentados aspectos que surgen de estas nuevas tendencias en el análisis y visualización de la información a partir de ampliar las posibilidades del EDA con diagramas de dispersión en 2D y

3D como vínculos de completa interacción por parte del usuario y la computadora.

Como la interacción se produce principalmente desde un punto de vista visual, desde el campo de mayor amplitud como lo es la Visualización Científica derivada de la Computación Gráfica, según Bosque Sendra y Zamora Ludovic (2002) se llega a la Visualización Geográfica (GVis) asociada al SIG y las interfaces computacionales.

Desde un punto de vista cognitivo, Petch (1994) analiza que nuestra tradicional forma de obtener conocimiento está sustentada en la visualización empírica. Recién en una siguiente etapa entrarían en acción las interfaces computacionales para que pueda comenzar a hablarse de visualización y conocimientos basadas en ellas.

De esta manera podemos considerar que si bien la visualización de mapas en papel fue el sustento de una era *pre-digital* los SIG han tenido una gran influencia para generar una etapa posterior o era *digital* (Buzai y Baxendale, 2006).

De esta manera si bien el uso de la tecnología SIG tuvo gran influencia de la era pre-digital, las interfaces gráficas actuales generan nuevas formas de conocimientos y visualizaciones, propias de la era digital.

Los diagramas de dispersión 2D y 3D son considerados en este capítulo como parte de las nuevas herramientas que permiten ampliar las posibilidades de investigación a partir del procesamiento y uso de datos espaciales.

Finalmente, el abanico de posibilidades para el análisis y exploración de la información se amplía con sus nuevas posibilidades de difusión, tal como las perspectivas multimedia que se reparten entre el soporte CD ROM y las posibilidades de consulta remota que brinda Internet.

3. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. PERSPECTIVA 2D

La perspectiva de un análisis exploratorio bivariado se encuentra ampliamente relacionada con las propiedades del *gráfico de dispersión* en dos dimensiones (*scatter diagram*). Su aplicación brinda como resultado una configuración en la cual cada variable queda representada por un eje ortogonal (90°) y cada unidad espacial como un punto de localización x-y a partir de sus valores de coordenadas en cada eje.

Cuando los datos de cada variable se transforman a puntajes estándar cada uno de estos ejes toma el sector central del gráfico y quedan claramente definidos cuatro cuadrantes básicos en el *espacio de relaciones*. El cuadrante inferior izquierdo concentra unidades espaciales con bajos valores en ambas variables, el cuadrante superior izquierdo con bajos valores en x y altos en y , el cuadrante superior derecho con valores altos en ambas variables, y el cuadrante inferior derecho con valores altos en x y bajos en y .

De acuerdo a las propiedades del puntaje estándar "z" (Fórmula 14.1) cabe destacar que los valores negativos y positivos presentan posiciones por debajo y encima del promedio de los valores de la variable respectivamente. Cada eje central es el cero de coordenadas estandarizadas, por lo tanto cada valor individual se considera de acuerdo a la distancia que su puntaje tiene respecto de \bar{x}, \bar{y} .

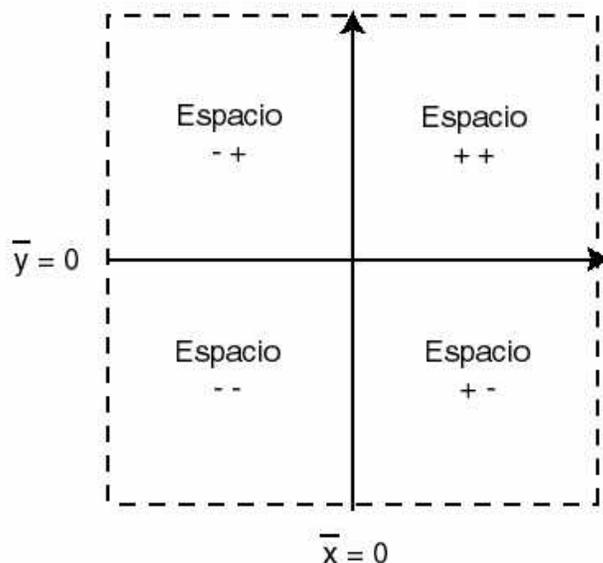


Figura 1. Espacio de relaciones bivariadas entre variables estandarizadas.

Cuando se intenta avanzar hacia el análisis del sentido de la relación entre los resultados producidos en ambas variables se calcula la *recta de*

regresión con base en la nube de puntos formada por las posiciones de cada unidad espacial en el sistema de coordenadas. Si el sentido de la recta es desde el cuadrante -- al cuadrante ++ la relación se produce de manera positiva y si va desde el cuadrante -+ al cuadrante +- la relación es negativa, no existiendo correlación cuando la nube de puntos es redondeada y se hace imposible determinar un sentido.

La fórmula de la función lineal es:

$$[1] y = a + bx$$

donde a es la ordenada al origen, es decir el punto exacto por donde la recta corta el eje y cuando $x=0$ y b representa la pendiente de la recta. Este cálculo y su gráfica se utiliza asimismo en el análisis de regresión, cuando se intentan predecir valores en la variables dependiente (y) a partir de valores conocidos en la variable independiente (x).

También es de destacar que si todos los puntos se ubican sobre la recta, existiría una correlación perfecta, lo que se traduciría en un valor $r=1$ o $r=-1$ para la relación perfecta positiva y negativa respectivamente. De forma simplificada el cálculo del coeficiente r de correlación de Pearson se realiza con:

$$[2] r = \frac{\sum z_x * z_y}{n}$$

La fórmula presenta el cálculo para valores estandarizados de ambas variables (x - y) teniendo como extremos los máximos valores señalados y el valor $r=0$ para la distribución aleatoria.

3.2. PERSPECTIVA 3D

Corresponde a la incorporación de una variable adicional (tercera dimensión) a la configuración anterior, de esta manera el gráfico de dispersión y el espacio de relaciones quedaría definido por un cubo que genera 8 posibilidades básicas de correspondencia espacial y de selección interactiva.

Si los valores se encuentran estandarizados, los ejes de coordenadas pueden ser ubicados uniendo los centros de cada plano, dejando claramente definidos 8 cuadrantes en forma de cubos menores: (Tres

variables / combinaciones x - y - z : bajo-bajo-bajo, bajo-bajo-alto, bajo-alto-bajo, alto-bajo-bajo, bajo-alto-alto, alto-bajo-alto, alto-bajo-bajo, alto-alto-alto).

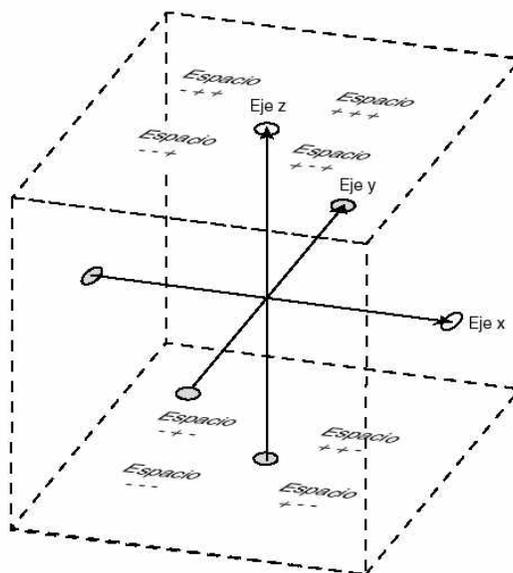


Figura 2. Espacio de relaciones trivariadas (3D) entre variables estandarizadas.

La determinación de la clasificación de unidades espaciales de acuerdo al sector de ubicación en el gráfico tridimensional se hará mediante un cubo móvil en su interior.

El análisis de las relaciones entre tres variables puede realizarse a partir del cálculo del coeficiente r entre pares, conformando una *matriz de correlaciones* de 3×3 y el análisis de regresión amplía la aplicación a la obtención de una *regresión múltiple*, procedimiento a partir del cual se intenta lograr la predicción de los valores de una variable dependiente (y) a partir de dos o más independientes ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$).

4. APLICACIÓN Y RESULTADOS

4.1. DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN CONTEXTUAL A PARTIR DE LAS NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS (NBI) Y LA POBLACIÓN DE 19 AÑOS Y MÁS CON MÁXIMO NIVEL EDUCATIVO ALCANZADO SECUNDARIO COMPLETO

El presente punto se basa en Baxendale y Buzai (2004) y Buzai y Baxendale (2005), del cual fueron extraídos los aspectos técnicos principales. Las unidades estadísticas espaciales adoptadas fueron los radios censales y el ámbito de estudio corresponde a la ciudad de Luján.

El gráfico de dispersión realizado para ambas variables permite verificar una relación inversa, es decir, que cuanto mayor es el porcentaje de población con NBI menor es el porcentaje de población de 19 años y más que finalizaron el nivel de estudios secundario.

Desde el punto de vista del análisis exploratorio cada unidad espacial está representada por la ubicación de cada punto en el espacio de relaciones (43 en total) y la nube formada tiene una clara tendencia descendente desde el espacio -- al espacio +-.

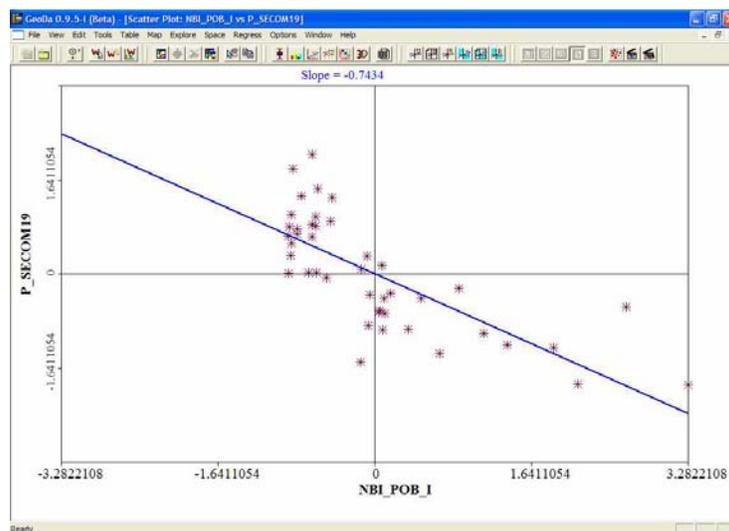


Figura 3. Diagrama de dispersión.

Mediante el uso de los datos estandarizados quedan claramente definidos cuatro cuadrantes a partir de los ejes intermedios en el cero de coordenadas. La posibilidad de vinculación que establece GeoDa entre los datos alfanuméricos y el mapa asociado permite realizar diferentes representaciones a partir de selecciones parciales en la gráfica como herramienta intermedia y a continuación se presentan cuatro mapas, que corresponden a cada uno de los cuadrantes. La superposición de los establecimientos educativos sobre la situación de contexto que queda determinada a partir del procedimiento brinda el resultado final de la aplicación.

Los mapas presentados a continuación surgen de la selección de puntos en la gráfica y esta selección los transforma en color amarillo. Es posible que no sean vistos de acuerdo a las características de impresión del material, por lo tanto cada situación puede ser cotejada con la configuración de base (Figura 3).

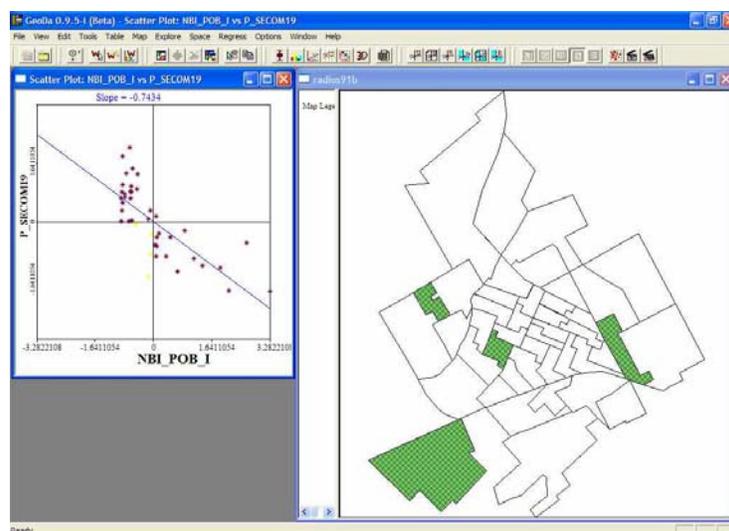


Figura 4. Cuadrante I – espacio - - (inferior izquierdo).

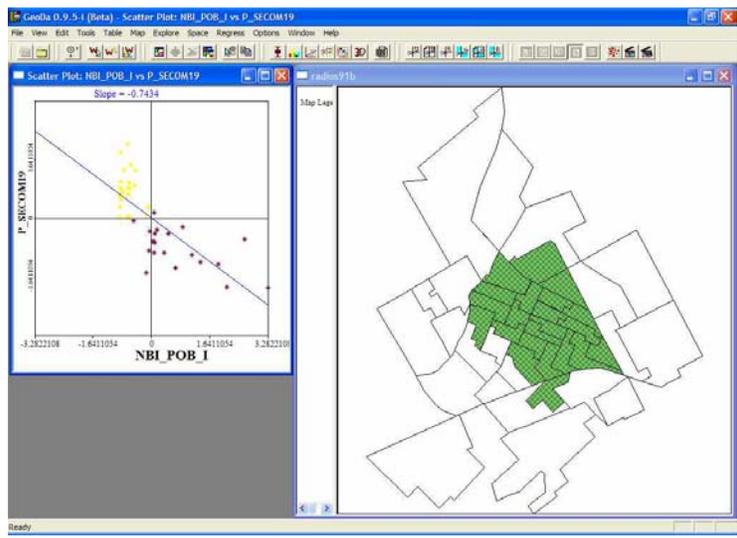


Figura 5. Cuadrante II - espacio -- (superior izquierdo).

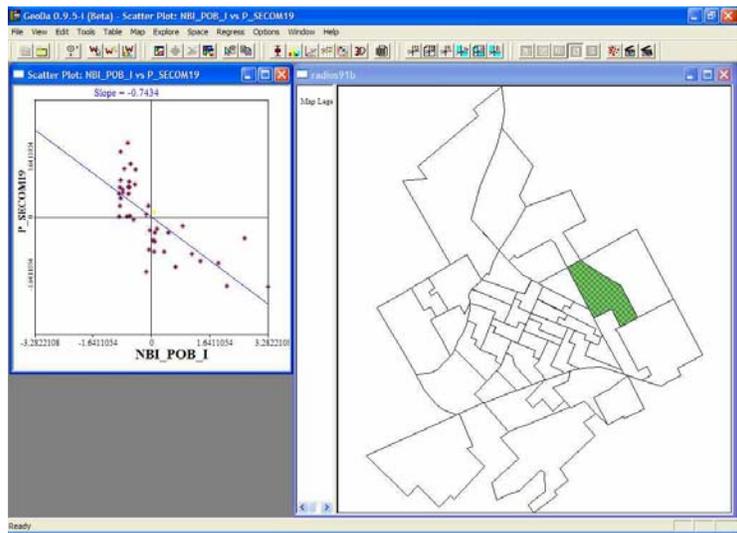


Figura 6. Cuadrante III - espacio ++ (superior derecho).

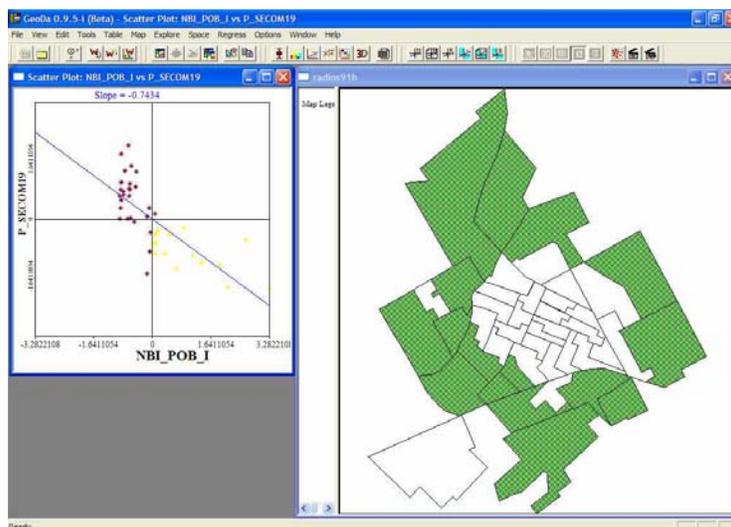


Figura 7. Cuadrante IV - espacio +- (inferior derecho).

Estas clasificaciones parciales deben ser incorporadas a una tabla resultante, asignándole a cada radio censal un número que represente el cuadrante correspondiente. Finalmente la vinculación de esta información con la tabla de atributos del SIG permite generar el mapa contextual con la finalidad de analizar la ubicación de las escuelas medias estatales y privadas.

En el diagrama de dispersión (Figura 3) se puede apreciar que el coeficiente de correlación para ambas variables es de $r = -0,7434$.

Este resultado indica que: (a) existe una relación entre las dos variables, (b) el sentido de la relación es inverso, por lo cual al aumentar/disminuir los valores de una de las variables disminuye/aumenta los valores de la otra, y (c) el grado de la relación es de importancia, ya que se encuentra cercano a $r = -1$ (valor de la máxima correlación negativa).

El *mapa de resultado* (Figura 8) contiene la clasificación de unidades espaciales de acuerdo a la ubicación de cada radio censal en el diagrama de dispersión y superpuesta la ubicación de los establecimientos educativos de nivel medio.

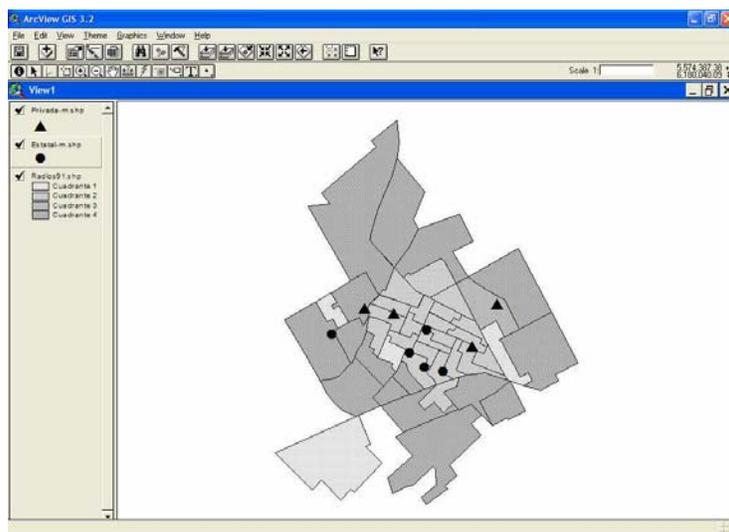


Figura 8. Mapa contextual y ubicación de escuelas medias (estatales y privadas).

Se observa claramente que la mejor situación (Cuadrante II: espacio -+) corresponde a los radios que conforman el centro de la ciudad y que la peor situación (Cuadrante IV: espacio +-) se encuentra en la periferia.

El análisis espacial de la ubicación de los establecimientos educativos de nivel medio presenta a cinco escuelas estatales, de las cuales cuatro (80%) se encuentran en la zona correspondiente al cuadrante II, mientras que solo una (20%) se ubica en la periferia, zona del cuadrante IV.

De las cuatros escuelas privadas, dos son centrales (50%), una periférica (25%) y una se ubica en la única unidad espacial del cuadrante III – espacio ++, una situación poco común, ya que corresponde a una población con un NBI y con una población de 19 años y más que tienen el nivel secundario completo superior a la media.

De forma general, de los nueve establecimientos educativos de nivel medio que se encuentran en el área de estudio, seis (66,7%) se ubican en el centro y tres (33,3%) en la periferia. De estos son dos los establecimientos que se encuentran en la zona de peor situación (22,2%) y uno (11,1%), en una situación especial ya señalada (radio censal 5.4), aunque analizados en detalle, los datos numéricos esta unidad espacial obtiene datos muy cercanos a la media en ambas variables (13,3% de NBI y 15,6 de secundario completo, en medias de 12,4% y 14,9% respectivamente).

4.2. DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE CORRESPONDENCIAS ESPACIALES DE LOS PORCENTAJES DEL MÁXIMO NIVEL EDUCATIVO ALCANZADO PARA LA POBLACIÓN DE CADA UNIDAD ESPACIAL

En la presente aplicación se trabajó con tres variables, correspondientes al porcentaje de máximo nivel educativo alcanzado por la población de cada radio censal: primario (eje x), secundario (eje y) y terciario-universitario completo (eje z). De esta manera se hace necesario representar estas relaciones en un gráfico 3D el cual los puntos correspondientes a los valores medidos en las unidades espaciales para las tres variables se encuentran suspendidos en el espacio tridimensional (Figura 2).

Este espacio de relaciones formado por un cubo, como se ha visto, genera 8 posibilidades básicas de combinación y a continuación serán ejemplificadas las dos extremas a partir de la media: (a) x menor, y mayor, z mayor, y (b) x mayor, y menor, z menor. Tanto para el gráfico de dispersión como para el mapa resultante de la selección, ambas selecciones representan las mejores y peores condiciones respectivamente en cuanto a niveles educativos.

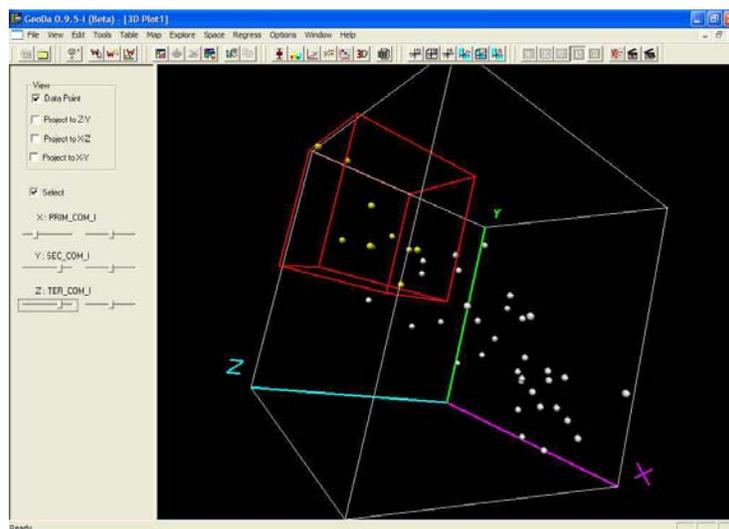


Figura 9. Diagrama de dispersión 3D Cuadrante x -menor, y -mayor, z -mayor (el cubo interno selecciona las unidades espaciales en mejor situación de nivel educativo).

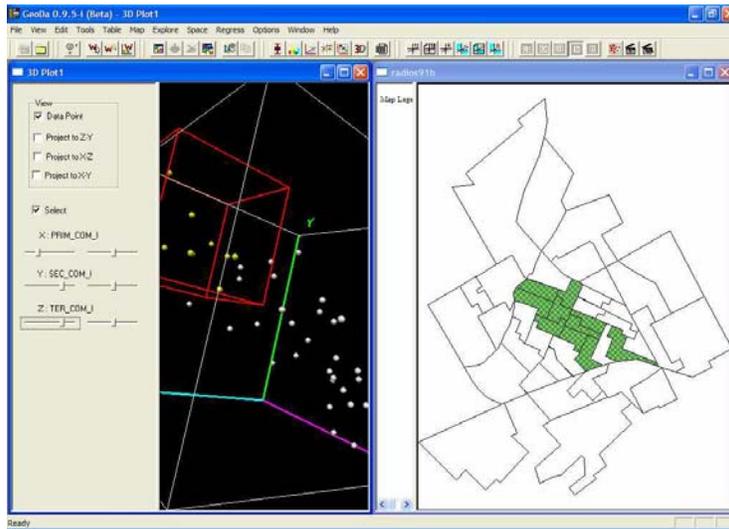


Figura 10. Mapa resultante del diagrama 3D. Cuadrante x -menor, y -mayor, z -mayor (el cubo interno selecciona las unidades espaciales en mejor situación de nivel educativo, especialmente centrales).

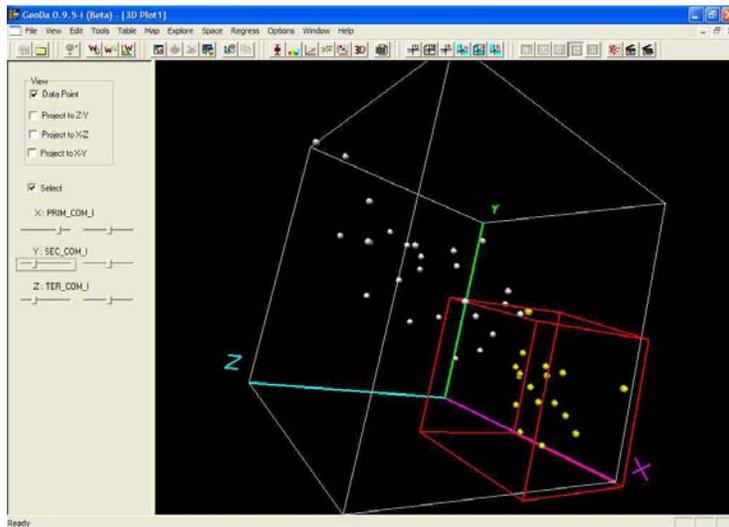


Figura 11. Diagrama de dispersión 3D x -mayor, y -menor, z -menor (el cubo pequeño selecciona las unidades espaciales en peor situación de nivel educativo).

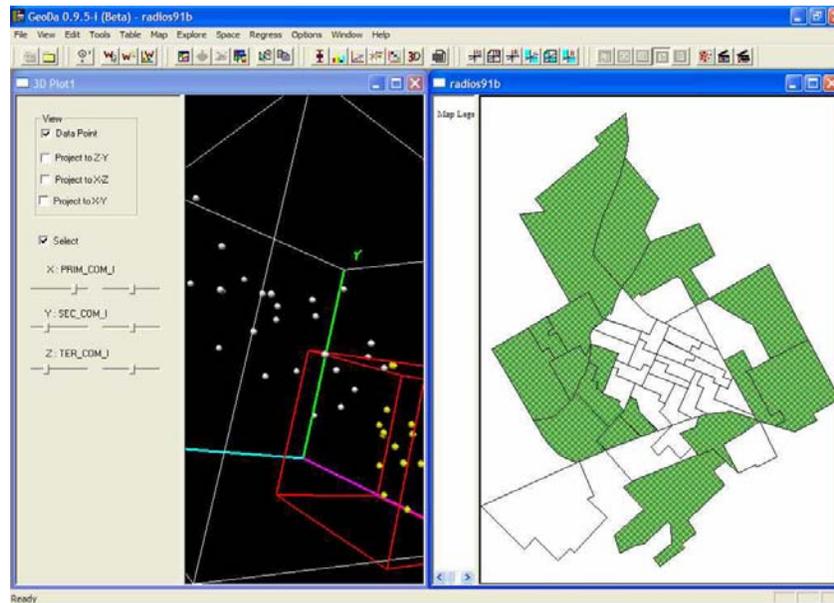


Figura 12. Mapa resultante del diagrama 3D
Cuadrante x -mayor, y -menor, z -menor (el cubo interno selecciona las unidades espaciales en mejor situación de nivel educativo, espacialmente periféricas).

Como puede verse, el agregado de una nueva dimensión al análisis confirma ampliando los detalles, la situación estructural analizada en la aplicación 2D. En base al máximo nivel educativo alcanzado por la población, las mejores condiciones se encuentran en el centro de la ciudad y las peores en la periferia.

La ubicación del cubo interior en las ocho posiciones básicas de selección permitiría realizar un mapa contextual de mayor detalle. Sin embargo, en este caso la intención fue incluir únicamente variables de tipo educativo con la finalidad de presentar una posibilidad de avance temático en el nivel exploratorio de los datos espaciales.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Los procedimientos de análisis exploratorios mediante la utilización de diagramas de dispersión en 2D y 3D resultan ser de suma utilidad al momento de encarar la posibilidad de determinar situaciones contextuales en base a un pequeño número de variables.

Desde un punto de vista técnico las posibilidades de interacción entre gráficos y cartografía se han transformado en una herramienta de suma utilidad para el análisis espacial a través de la tecnología SIG y al mismo tiempo en un apoyo formidable de las actuales posibilidades de representación, visualización y comunicación.

Desde un punto de vista temático nos ha permitido comprobar una situación estructural claramente definida entre centro y periferia, y al mismo tiempo considerar el resultado como una situación contextual de datos puntuales superpuestos, correspondientes a escuelas medias.

Estas situaciones espaciales pueden generar básicamente 4 áreas básicas a través del trabajo en 2D y 8 áreas básicas a través del trabajo en 3D, aunque esta última la hemos aplicado con la finalidad de verificar correspondencias espaciales específicas.

En síntesis, las bases de datos gráficas y la cartografía digital mediatizada por gráficos interactivos genera nuevas posibilidades de exploración, de esta manera, los análisis previos se hacen necesarios para verificar el comportamiento estructural de los datos, generalmente luego verificado cuando se avanza en los procedimientos estadísticos de análisis multivariado. La agilidad de los tratamientos y la percepción muy intuitiva de los resultados, como gráficos y mapas, facilitan la apreciación de los hechos y enriquece el diagnóstico de situaciones socioespaciales.

6. SOFTWARE UTILIZADO

- ArcView GIS ® ESRI
- GeoDa ® University of Illinois

7. BIBLIOGRAFÍA

AGRESTI, A.; FINLAY, B. 1997. *Statistical methods for the social sciences*. Prentice Hall. New Jersey.

ANSELIN, L. 1998. Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. En: Longley, P.A.; Goodchild, M.F.; Maguire, D.J.; Rhind, D.W. (eds.) *Geographical*

Information systems: Principles, techniques, management and applications. John Wiley. New York. pp. 251-264.

ANSELIN, L. 2003. *Exploratory spatial data analysis and GeoDa*. Center for Spatially Integrated Social Science. Spatial Analysis Laboratory. University of Illinois. Urbana-Champaign. <http://sal.agecon.uiuc.edu>

BAXENDALE, C.A.; BUZAI, G.D. 2004. Análisis exploratorio contextual interactivo: aplicación a la localización de escuelas polimodales en la ciudad de Luján. En: BUZAI, G.D. (ed.) *Memorias del Primer Seminario Argentino de Geografía Cuantitativa*. GEPAMA-FADU-UBA y Planetario de la Ciudad de Buenos Aires. CD ROM. Buenos Aires.

BOSQUE SENDRA, J. 1994. Análisis exploratorio de datos. En: Bosque Sendra, J.; Moreno Jiménez, A. *Análisis exploratorio y multivariante de datos*. Oikos-tau. Barcelona.

BOSQUE SENDRA, J.; MORENO JIMÉNEZ, A. 1994. *Análisis exploratorio y multivariante de datos*. Oikos-tau. Barcelona.

BOSQUE SENDRA, J.; ZAMORA LUDOVIC, H. 2002. Visualización geográfica y nuevas cartografías. *GeoFocus*. 2:61-77 (<http://www.geo-focus.org>)

BUZAI, G.D. 2001. Perspectivas digitales. *Huellas*. 6:11-37.

BUZAI, G.D. 2003. *Mapas sociales urbanos*. Lugar Editorial. Buenos Aires.

BUZAI, G.D.; BAXENDALE, C.A. 2005. Distribución espacial socio-educativa y localización de escuelas polimodales en la ciudad de Luján. Una aproximación exploratoria bivariada. *Huellas*. 9:13-35.

FOTHERINGHAM, S.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. 2000. *Quantitative Geography. Perspectives on spatial data analysis*. SAGE. London.

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. 1999. *Análisis multivariante*. Prentice Hall Iberia. Madrid.

PETCH, J. 1994. Epistemological aspects of visualization. En: Hearnshaw, H.M.; Unwin, D.J. (eds.) *Visualization in geographic information systems*. Wiley. Chichester. pp. 212-219.

SALVADOR FIGUERAS, M.; GARGALLO, P. 2003. *Análisis exploratorio de datos*. <http://www.5campus.com/leccion/aed> [consultado: 15.04.08].

TUKEY, J.W. 1977. *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley. Reading.

ANÁLISIS SOCIOESPACIAL DE LAS REGIONES EDUCATIVAS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES¹

LILIANA BEVILACQUA - ADRIANA SEMORILE - DIANA VALDEZ AVALOS

1. INTRODUCCIÓN

La escuela busca influir en la formación de las subjetividades de las nuevas generaciones y por ende prepara a los/as jóvenes para integrarse a la sociedad en su conjunto. Motivo por el cual es importante adoptar un punto de vista relacional para entender los intercambios cada vez más complejos entre la escuela y la sociedad. Una mirada histórica ayuda a entender mejor las particularidades de esta relación.

La red de escuelas actualmente presente en la Provincia de Buenos Aires, tienen algunos rasgos comunes con aquellas escuelas organizadas en el sistema a fines del siglo XIX y materializadas en la primera mitad del siglo XX. No obstante, en los últimos 30 años se acumularon cambios profundos en lo social, lo económico y lo educativo que derivaron en una nueva configuración socioeducativa. Existen por lo menos tres fenómenos que dan pie a esta afirmación: la retirada del Estado de su rol de orientador y garante de procesos sociales de integración, la mercantilización del mundo laboral y de los servicios sociales y la profundización de la desigualdad y la aparición de la exclusión.

La estructura social en transformación impacta en las instituciones y en los actores. Representa una etapa en la cual comienza abandonarse el modelo industrial y con ello existe un cambio en el mercado de trabajo que revierte la tendencia de ascenso social, un proceso en el cual el sistema educativo tradicionalmente tuvo un papel central.

El Estado y el sistema educativo pensados mutuamente se conforman bajo el paradigma de la modernidad. En este contexto las relaciones entre escuela y sociedad se vuelven más complejas y dialécticas. La sociedad tiene que adaptarse a la escuela y ésta debe adaptarse a la sociedad, es decir a las características del alumnado.

Se trabaja el concepto de condiciones de educabilidad, que pretende ser leído en el marco del actual fenómeno de exclusión/inclusión. Esta

conceptualización remite a la empleabilidad, en términos de puestos de trabajos decentes y al de accesibilidad que se relaciona con las condiciones necesarias para poder utilizar las nuevas tecnologías de la información en toda su potencialidad.

La educabilidad apunta a identificar los recursos necesarios, aptitudes y predisposiciones, que hacen posible que chicos y chicas puedan asistir exitosamente a la escuela y las condiciones sociales que hacen posible que éstos accedan a esos recursos.

El presente estudio caracteriza en parte la realidad social y educativa existente en la Provincia de Buenos Aires. Se fundamenta en la relevancia del conocimiento sobre la educación en el territorio provincial y el funcionamiento del sistema educativo en su conjunto, buscando aportes singulares asociados a la capacidad de comunicar y favorecer actividades de planificación a nivel provincial, regional e institucional. Se integra información proveniente de distintas fuentes que contextualizan lo conocido del sistema.

Se analiza el sistema educativo provincial en relación al contexto social y territorial en que se desenvuelve. Sin excluir otras dimensiones que den cuenta de la particularidad de cada situación socioeducativa, se han considerado los conceptos de equidad social y equidad educativa como criterios para orientar la mirada y las relaciones en ésta.

Cabe destacar que la Provincia de Buenos Aires cuenta con una superficie de 307.387 km², concentra una población estimada al 2007 de 14.917.940 habitantes y al sistema educativo asisten, aproximadamente unos 4.400.000 alumnos distribuidos en unos 19.000 establecimientos.

Las categorías seleccionadas indican situaciones que pueden evaluarse en relación a la noción de equidad. En este sentido se acude al cuerpo conceptual planteado por López (2005) al referirse a una igualdad fundamental que estructura y organiza todas las demás; marco conceptual que se apoya en las reflexiones de Sen e introducidas por Fitoussi y Rosanvallon. Frente a la pregunta: ¿igualdad de qué? la equidad significa identificar la igualdad fundamental respecto a la cual definir un horizonte de igualdad, en donde se estructuran todas las desigualdades resultantes.

Esta igualdad fundamental no debe ser pensada como una situación dada, sino como una meta que genere una dinámica orientada hacia el futuro tendiente a remediar las desigualdades iniciales.

Con respecto a la equidad educativa, Marc Demeuse también citado por López (2005), destaca que existen cuatro principios de equidad organizados a partir de las siguientes igualdades fundamentales: igualdad

en el acceso (principio de igualdad de oportunidades), igualdades en las condiciones y medios de aprendizaje, igualdad en los logros o resultados e igualdad en la realización social de esos logros. La perspectiva actual, considera un principio de equidad basado en la igualdad de resultados, que se apoya en la igualdad de acceso a un conjunto básico de conocimientos e igualdad de oportunidades para profundizar en la formación.

Desde esta perspectiva, se estudiaron las dimensiones sociales y educativas de las 25 regiones educativas², en que la Dirección de Cultura y Educación –DGCyE– organiza el sistema en la provincia (Figura 1). Estas remiten a criterios de homogeneidad según la similitud de situaciones observadas a través de los valores de las variables de análisis, permitiendo a su vez, que las regiones pertenecientes a un mismo grupo sean lo más parecidas entre sí y lo más diferentes a las regiones que conforman los restantes grupos. Se busca aportar semejanzas y diferencias entre las regiones educativas en materia de describir igualdades y desigualdades socioeducativas.

Aparecen así algunos interrogantes: ¿se debe pensar la educación como condición de posibilidad para el desarrollo social y la equidad, o por el contrario, se hace necesario pensar el desarrollo social y la equidad como condiciones sociales para la educación?, ¿qué comportamiento tienen los indicadores sociodemográficos y educativos presentes en las regiones educativas?, ¿se puede pensar en grupos de regiones en función de semejanzas o diferencias en cuanto al acceso, a las condiciones y medios de aprendizaje, en resultados y en la realización social de esos logros?

Los datos, indicadores e índices que se seleccionaron para justificar el análisis son: población, densidad hab/km², porcentaje de población urbana, índice de masculinidad, índice de dependencia potencial, tasa de actividad refinada, porcentaje de población en hogares con NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas), tasa de crecimiento intercensal, tasa de analfabetismo, población analfabeta (desagregada en varones y mujeres), matrícula por sector de gestión y por tipo de educación: educación común y no común, cantidad de establecimientos, matrícula por nivel de enseñanza y sector de gestión, nivel educativo alcanzado por la población adulta (desagregado en cuatro categorías, por grupo etáreo y sexo), tasa de escolarización, tasa de asistencia, tasa de promoción, tasa de repitencia y tasa de abandono, todas por nivel educativo y tipo de gestión, promedio de alumnos por sección, porcentaje de extraedad de los alumnos de EGB (Educación General Básica) por ciclo (matrícula adelantada, matrícula con la edad esperada y matrícula con sobreedad).

En los siguientes puntos se presenta la metodología, se analizan los agrupamientos resultantes y se comentan algunas conclusiones y consideraciones finales.

2. CUESTIONES METODOLÓGICAS: PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se aplicó en primer término un Análisis de Componentes Principales (CPA) a un conjunto de variables numéricas³: indicadores educativos y poblacionales⁴. Posteriormente, se recurrió al Análisis de Cluster. La combinación de técnicas permite un análisis más ágil del conjunto de regiones descritas por una gran cantidad de variables.

El CPA permite simplificar la descripción de un conjunto de variables a través de la evaluación de la relación existente entre las mismas. Si existen variables correlacionadas entre ellas el método permitirá resumirlas a través de la creación de nuevas variables sintéticas (combinación lineal de las originales) no correlacionadas. Cada nueva variable obtenida es una Componente Principal.

Una componente principal tiene mayor importancia cuánta mayor información resume, es decir cuánto mayor sea su varianza³. Debido a que las componentes se ordenan de modo decreciente a ésta, las más informativas son las que aparecen en primer lugar. Esto permite reducir la dimensionalidad del problema, es decir el número de variables a analizar sin perder demasiada información. Las componentes que el análisis desprecie, acumulan muy poca información.

Este procedimiento, hace más sencillo el análisis porque permite estudiar un número menor de componentes principales no correlacionadas, en lugar de investigar un gran número de variables con complejas interrelaciones. Una vez obtenidas las componentes principales, se le aplica el Análisis de Cluster que permite agrupar las regiones que tienen similitud.

Así, cada grupo resulta descrito por las categorías de las variables que determinan la similitud de las regiones que la integran. Estas categorías aparecerán como típicas porque muestran en el grupo una proporción estadísticamente superior a la que presentan en el conjunto total de los datos. Cuanto mayor sea la proporción en que aparece una determinada categoría en un grupo respecto a la proporción en que se presenta esa categoría en el conjunto de los datos, más significativa es la misma respecto de ese grupo. El análisis que se realizó de las categorías que resultan típicas, permite darle una identificación al grupo.

En este estudio se tomó a la Región Educativa como unidad espacial de análisis a fin de contar con una caracterización general de la Provincia de Buenos Aires. Se realizó en dos etapas: la primera etapa de descripción general de las características que particularizan a cada uno de los agrupamientos según aquellos indicadores que los destacan del resto de los grupos y en la segunda etapa se realizó una síntesis de cada grupo para intentar mostrar las situaciones educativas y poblacionales que puedan visualizar situaciones favorables o desfavorables desde una perspectiva social amplia.

En este sentido, es necesario destacar que el criterio para determinar las categorías de variables que se atribuyen a un agrupamiento, y por tanto a las regiones incluidas en él, está dado por una mirada comparativa entre todas las regiones educativas de la provincia, es decir, junta las regiones similares entre sí sobre la base de las situaciones socioeducativas descritas y deja afuera a aquellas regiones que muestran elementos distintos.

3. RESULTADO GENERAL Y ANÁLISIS DE LOS GRUPOS

De acuerdo a la metodología descrita, quedaron conformados cuatro grupos de regiones educativas, a los cuales se les asignó un número identificador para su descripción, sin responder a un orden jerárquico.

Con la finalidad de realizar la descripción y análisis de los grupos, se plantea, en cada caso, un interrogante con potenciales respuestas.

Grupo 1. ¿Qué características sociales y educativas presenta este agrupamiento que se muestra geográficamente disperso en la provincia?

Este grupo está conformado por 6 regiones educativas⁵ integradas por 24 partidos provinciales, con una población aproximada de 5.400.000 habitantes que representa el 39 % de la población de la provincia.

Se observa una importante dispersión en cuanto a la ubicación geográfica de las regiones que la componen, aunque puede destacarse que estaría integrado básicamente por regiones educativas donde se encuentran, en general, localidades que pertenecen a partidos próximos a la ciudad de Buenos Aires (Capital Federal de la Argentina), el tradicionalmente llamado primer anillo del conurbano y localidades intermedias de mayor población

en la provincia (Gran La Plata -2º en jerarquía urbana- y Bahía Blanca -4º en jerarquía urbana-).

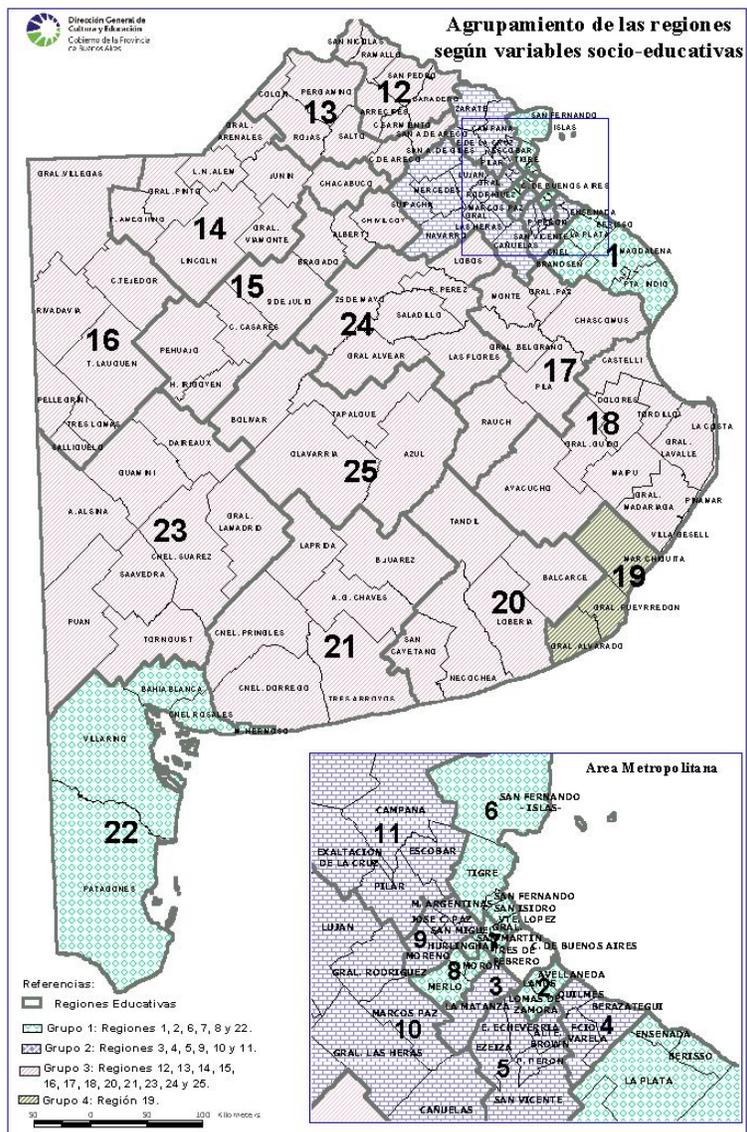


Figura 1. Provincia de Buenos Aires. Distribución espacial de los cuatro grupos de regiones educativas.

Así entonces, cuatro de las regiones (2, 6, 7 y 8) integran en forma total o parcial el aglomerado Gran Buenos Aires⁶. Agregamos a esto que en la Región 1, el distrito de La Plata (capital de la provincia de Buenos Aires), que por superficie y población integra muy parcialmente el aglomerado, atrae en relación a sus indicadores, a los otros distritos que conforman la región.

Cabe mencionar a la Región 22, que no pertenece al aglomerado Gran Buenos Aires, pero que tiene un comportamiento semejante a la Región 1, debido a que uno de sus partidos (Bahía Blanca) constituye un aglomerado urbano importante del interior provincial que arrastra los valores de los restantes partidos de la región.

Se observa, una porción alta de la población adulta que completó los estudios secundarios y superiores, situación que se podría asociar a que más de la mitad de las universidades nacionales de la provincia se encuentran en este grupo. También hay que señalar la proximidad con la Capital Federal, donde además de la Universidad de Buenos Aires, se han establecido la mayor cantidad de universidades privadas del país.

Otra característica está dada por una proporción baja de población analfabeta y de personas que han abandonado su escolarización tanto en el nivel primario como en el secundario. Esto nos permite considerar el contexto educativo de este grupo de regiones, que concentra sectores de la población que se han beneficiado con las posibilidades de acceso al sistema educativo y con las oportunidades para profundizar en la formación.

Se destaca también, la sobreedad y el bajo porcentaje de alumnos en edad esperada en el 3º ciclo de EGB del sector de gestión estatal, es decir, que existe una proporción de alumnos que se diferencia por necesitar más años para completar la educación básica, lo cual revela situaciones desiguales en relación a los logros educativos; tienen acceso a la educación pero tardan más de los años teóricamente esperados para completarla.

Además se caracteriza por una alta matriculación en instituciones de nivel superior de gestión estatal y privada, situación dada por la existencia de una gran cantidad de instituciones de formación superior⁷. Por último, también es importante la matrícula de educación privada en el nivel inicial.

Coexisten dos realidades educativas, por un lado se ve un sistema que tuvo un funcionamiento óptimo, que se muestra en los niveles alcanzados por la población adulta y en la gran cantidad de población escolarizada tanto en el nivel inicial como superior; y por otro lado, se observa un sistema

educativo cuyo funcionamiento actual muestra fisuras al presentar altos porcentajes de sobreedad.

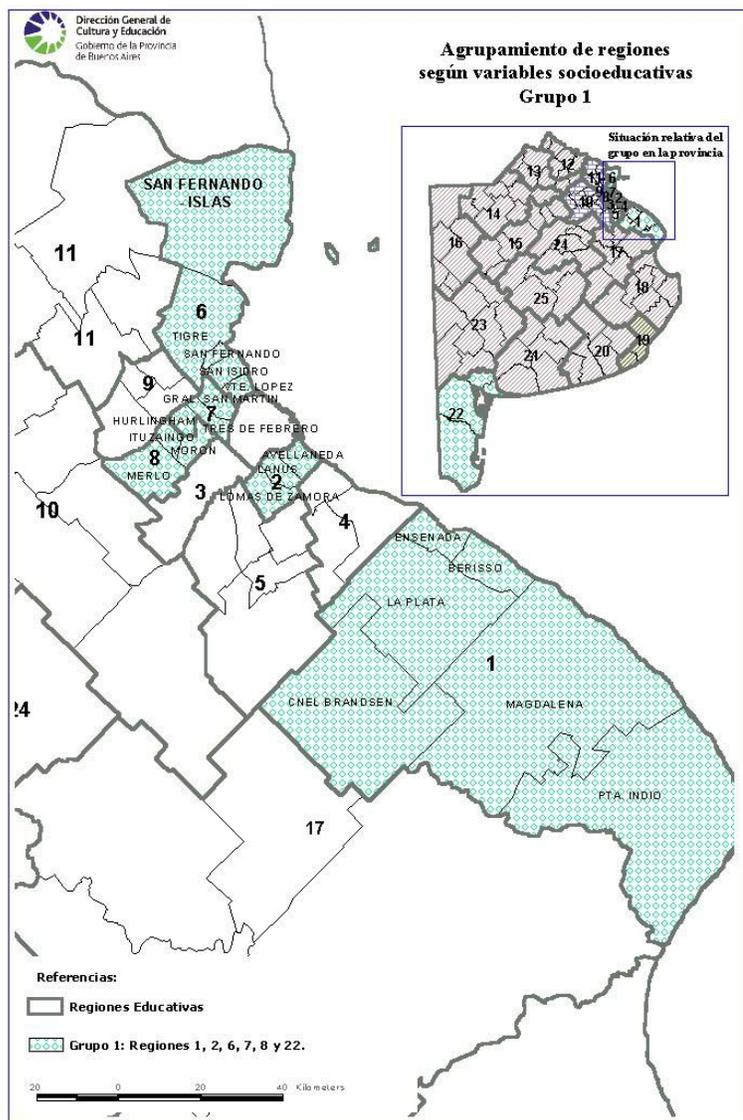


Figura 2. Provincia de Buenos Aires. Grupo 1 – sector norte.

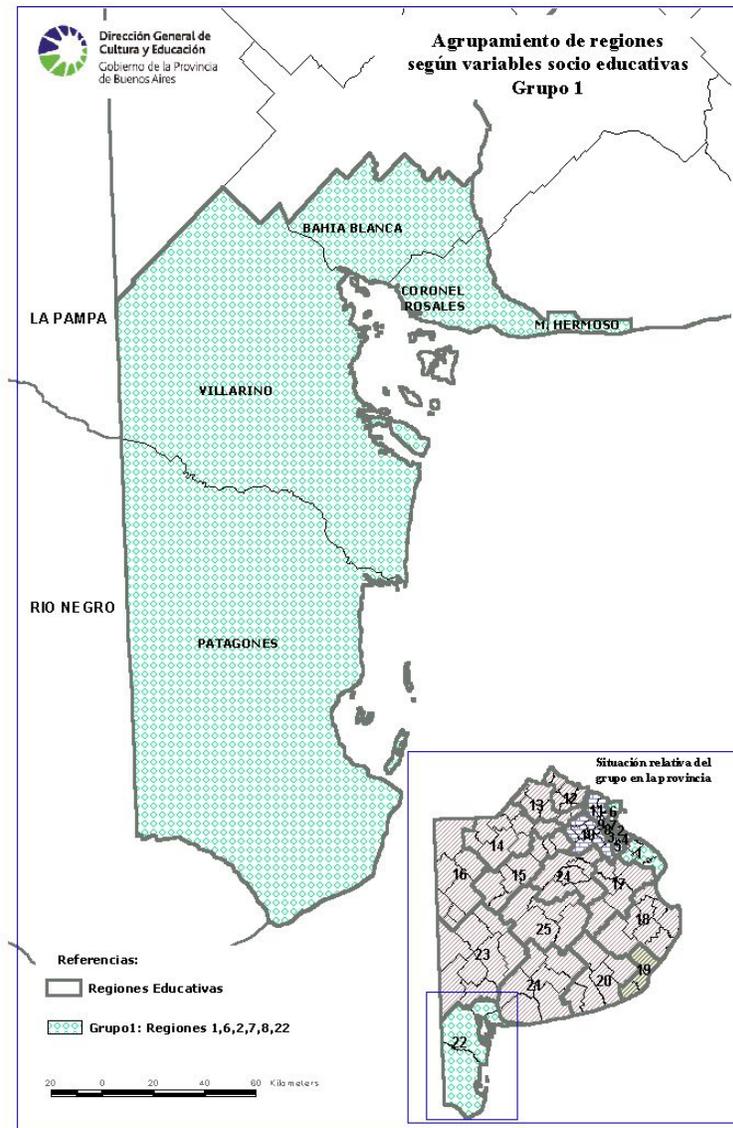


Figura 3. Provincia de Buenos Aires. Grupo 1 – sector sur.

Las variables típicas que caracterizan a este grupo dan forma a conjuntos de elementos que indican situaciones favorables o desfavorables⁸ para la población en general y específicamente para la trayectoria de los alumnos a través del sistema educativo. Así vemos,

A) Variables asociadas a la situación poblacional:

- Alta⁹ tasa de escolarización de 15 a 17 años, total (gestión estatal y privada).
- Alto porcentaje de la población adulta de 25 a 69 años cuyo nivel educativo alcanzado es secundaria completa y superior incompleta.
- Alto porcentaje de varones de 50 a 69 años que completaron el nivel educativo superior¹⁰.
- Bajo porcentaje de varones de 25 a 69 años que nunca asistieron o que alcanzaron a completar solo algunos años de estudio de la educación primaria.
- Bajo porcentaje de mujeres y varones de 25 a 49 años que completaron el nivel primario o realizaron algunos años de estudio de la escuela media.
- Baja tasa de analfabetismo en varones y mujeres.
- Bajo porcentaje de mujeres de 50 a 69 años que nunca asistieron o que alcanzaron a estudiar algunos años del nivel primario.

B) Variables asociadas al funcionamiento del sistema educativo:

- Alto porcentaje de los alumnos con 1 y 2 años de sobreedad en el 3º ciclo de la EGB, de gestión estatal.
- Bajo porcentaje de los alumnos que tienen la edad esperada en el 3º ciclo de la EGB, de gestión estatal.

C) Variables referidas al comportamiento económico-poblacional y que presentan valores inferiores respecto al promedio general de la provincia:

- Bajo índice de dependencia potencial.
- Bajo índice de masculinidad.

D) Variables que dan cuenta de la demanda al sistema educativo provincial:

- Alta matrícula del nivel superior de gestión privada, que eleva básicamente la matrícula total del nivel.
- Alta matrícula del nivel inicial de gestión privada.

E) Síntesis del grupo

✓ Comprende el 39 % de la población de la provincia.
--

- ✓ Las regiones 1 y 2 se destacan por ser regiones que presentan un partido densamente poblado (La Plata y Bahía Blanca respectivamente) y partidos pequeños; esta conformación hace que, tanto en los datos como en los indicadores regionales, los partidos grandes arrastran a los chicos dentro de los datos de la región.
- ✓ Ubicada en distintos puntos geográficos en la provincia (algunas regiones pertenecen al aglomerado Gran Buenos Aires y otras al sur provincial).
- ✓ Alto porcentaje de población con estudios secundarios y superiores.
- ✓ Bajo analfabetismo.
- ✓ Alta matriculación en educación inicial y superior, de gestión estatal y privada.
- ✓ Alta sobreedad en el 3º ciclo de EGB, de gestión estatal.
- ✓ Bajo porcentaje de la población adulta que nunca asistió o que tuvo una educación primaria incompleta.
- ✓ Bajo porcentaje del índice de masculinidad y de dependencia potencial

Situación relevante del grupo: Elevada matrícula en educación superior, elevada sobreedad en el 3º ciclo de la EGB y ubicación geográfica dispersa.

Grupo 2. ¿Qué interrelación socioeducativa se observa en este agrupamiento perteneciente al aglomerado Gran Buenos Aires?

Este grupo cuenta con 6 regiones educativas¹¹ integradas por 27 partidos provinciales, con una población aproximada de 5.500.000 habitantes que representa el 40 % de la población de la provincia.

Geográficamente, se puede observar que las regiones 3, 4, 5 y 9 integran en forma total o parcial el aglomerado Gran Buenos Aires, en tanto que las regiones 10 y 11, aunque no están comprendidas en lo que tradicionalmente se denomina Gran Buenos Aires, por superficie y población integran parcialmente el mismo.

Presenta altos porcentajes en aquellos indicadores que muestran situaciones críticas en aspectos sociales, económicos y educativos. Se concentran altos porcentajes de población con NBI y con analfabetismo. Estos y otros rasgos señalan que las regiones de este agrupamiento, reúnen sectores de población que viven con algún tipo de carencia en salud, alimentación, vivienda y trabajo. Se podría decir que aquí es significativo el acceso a la educación primaria como bien cultural necesario para poder resolver necesidades básicas.

Otra característica es la gran cantidad de alumnos con sobreedad en 1º ciclo (con 3 años o más de atraso), que se refleja en el bajo porcentaje de edad esperada en 1º y 2º ciclo de EGB; esto estaría señalando situaciones difíciles y complejas ya que la sobreedad en los primeros años de la escolaridad plantea cuestiones de mayor compromiso, hacia dentro del sistema, entre ellas la posibilidad del abandono, y hacia fuera del mismo, entre estas la posibilidad de carencias alimenticias y sanitarias.

Para completar la situación del grupo se destaca la alta tasa de abandono y la baja promoción efectiva en el nivel polimodal, tanto para el total como para el sector estatal. También se señalan los bajos valores de la tasa de escolarización de 6 a 14 años y de la tasa de asistencia de 5 a 29 años, con niveles de escolarización más bajos que el promedio general de la provincia. Este conjunto de valores parecería señalar singularidades que constituyen un desafío para las políticas públicas en general y las educativas en particular.

Observando el conjunto total de las regiones, este grupo específicamente presenta alta concentración de población que se encuentra en una situación menos favorecida respecto a la distribución de los bienes sociales, económicos, educativos y culturales.

Las variables típicas dan forma a un conjunto de categorías que indican situaciones favorables o desfavorables para la población en general y específicamente en la trayectoria de los alumnos dentro del sistema educativo. Así observamos,

A) Variables que indican situaciones desfavorables:

- Alto porcentaje de mujeres de 25 a 69 años que nunca asistieron o que alcanzaron a estudiar algunos años de la escuela primaria.
- Alto porcentaje de población con NBI (necesidades básicas insatisfechas). Esta característica se presenta en la mayoría de las regiones que conforman el grupo, superando el promedio general en 7,5 puntos.

- Altos valores de la población analfabeta tanto en varones como en mujeres. Los valores de esta variable son significativamente altos respecto a los valores del resto de la provincia, uniéndose fuertemente a estas regiones. Merecen destacarse dos cuestiones: el número de varones analfabetos duplica el promedio en casi todas las regiones, excepto en la región 10; y el número de mujeres analfabetas triplica el promedio general en las regiones 3, 4 y 9; duplica dicho valor en las regiones 5 y 11 y sólo en la región 10 es levemente inferior. Situación que se podría asociar a los altos índices de NBI y concentración de la población en este grupo de regiones.
 - Alto porcentaje de varones de 25 a 49 años que nunca asistieron o que alcanzaron a recorrer solamente algunos años de estudio del nivel primario.
 - Alta tasa de abandono en el nivel polimodal, de gestión estatal, que eleva básicamente el guarismo del total.
 - Alto porcentaje de los alumnos con 3 y más años de sobreedad en el 1º ciclo de la EGB, de gestión estatal, aumentando el porcentaje en el total.
 - Baja tasa de escolarización de 6 a 14 años, en gestión estatal y privada.
 - Baja tasa de asistencia en la población de 5 a 29 años.
 - Bajo porcentaje de mujeres y varones de 25 a 49 años que completaron el nivel educativo superior, con diferencias marcadas entre ambos géneros.
 - Bajas tasas de promoción efectiva en el 1º ciclo de EGB y en el nivel polimodal, de gestión estatal que disminuyen de esta forma los respectivos totales.
 - Bajo porcentaje de alumnos con edad esperada en 1º y 2º ciclo de la EGB, de gestión estatal, que bajan los respectivos totales.
 - Alta tasa de crecimiento poblacional, se puede destacar que el promedio del agrupamiento es marcadamente superior al promedio general.
 - Alto promedio de alumnos por sección en el nivel polimodal, de gestión estatal y privado, siendo muy marcado en los establecimientos de gestión estatal.
- B) Variable favorable asociada específicamente al sistema educativo:
- Alta matrícula del nivel EGB, del sector estatal (el promedio del agrupamiento es mayor en una proporción de casi el doble en relación al promedio general).

C) Síntesis del grupo

- ✓ Contiene el 40 % de la población de la provincia.
- ✓ Altos valores de la población en hogares con NBI y población analfabeta adulta.
- ✓ Alto porcentaje de alumnos con sobreedad en el 1º ciclo de la EGB con 3 años y más de atraso.
- ✓ Alto porcentaje de abandono y baja promoción en el nivel polimodal.
- ✓ Baja escolarización en la franja de 6 a 14 años.
- ✓ Baja asistencia en la franja de 5 a 29 años.
- ✓ Alto porcentaje de las mujeres de 25 a 69 años y de varones de 25 a 49 años que nunca asistieron o que tuvieron una primaria incompleta.
- ✓ Bajo porcentaje de la población adulta con educación superior completa en la franja de mujeres y varones de 25 a 49 años.
- ✓ Alto porcentaje de la tasa de crecimiento poblacional.
- ✓ Alta matriculación en el nivel primario en escuelas de gestión estatal.
- ✓ Alto promedio de alumnos por sección en el nivel polimodal.

Situación relevante del grupo: Elevado porcentaje de población con NBI y población analfabeta, ubicado en el aglomerado Gran Buenos Aires.

Grupo 3. ¿Qué caracterización social y educativa se observa en este grupo distribuido en más del 80% de la superficie de la provincia?

El grupo cuenta con 12 regiones educativas¹² integradas por 80 partidos provinciales, con una población aproximada de 2.270.000 habitantes que representa el 16,5 % de la población provincial. Es el grupo con los valores más bajos en relación a la cantidad de población.

Geográficamente, este grupo se construye totalmente con las regiones situadas en el interior provincial.

Las variables características presentan bajos valores de matrícula en los niveles de educación inicial, EGB y polimodal, tanto en gestión estatal como privada.

La cantidad de establecimientos, en relación a ambos tipos de gestión, es considerablemente inferior en relación a los otros agrupamientos.

El funcionamiento del sistema educativo se ve reflejado en: altas tasas de asistencia en el grupo de edad de 6 a 14 años, bajos porcentajes de alumnos en los tres ciclos de la EGB con 2 años de atraso, alto porcentaje

de alumnos de EGB con edad esperada y altas tasas de promoción en estos alumnos, con fuerte peso en la gestión estatal.

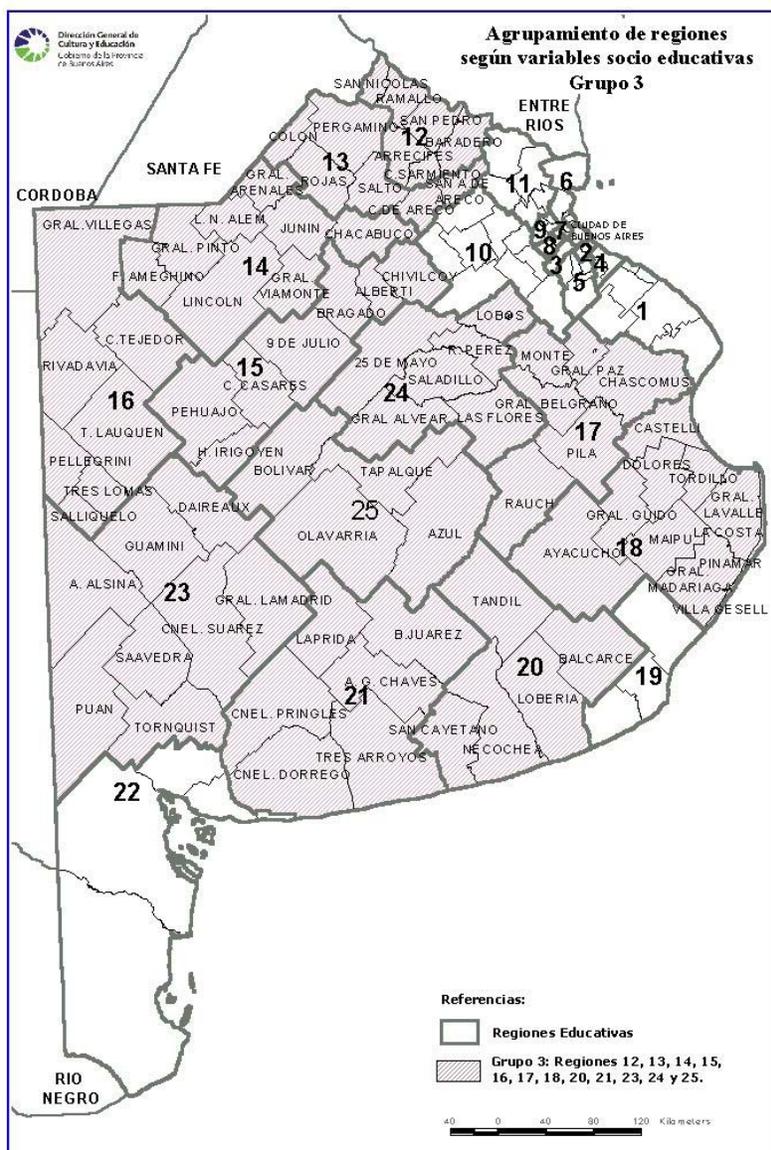


Figura 5: Provincia de Buenos Aires. Grupo 3.

Así, en las regiones que conforman el interior provincial, la acción del sistema educativo parecería ser de mayor impacto evaluándola en términos de asistencia o cobertura, de promoción y también en relación a la edad teóricamente esperada según los años de estudio.

Se podría decir que, este grupo presenta mayor equidad que otros grupos para su población en edad escolar, en lo que hace a la igualdad de acceso a un conjunto básico de conocimientos y a la igualdad de los resultados.

Las variables típicas de este grupo dan forma a conjuntos de ellas que indican situaciones favorables o desfavorables para la población en general y particularmente para la trayectoria de los alumnos a través del sistema educativo.

Así se observa,

A) Variables que dan cuenta de la situación de la población en relación al sistema educativo provincial, respecto al promedio general:

- Baja matrícula de educación inicial, en gestión estatal que se refleja a su vez en el total.
- Baja matrícula del nivel EGB, en el total y en gestión privada.
- Baja matrícula de educación polimodal, en el sector estatal y privado.
- Bajo promedio de alumnos por sección del nivel polimodal, de gestión estatal.
- Baja matrícula de educación común, de gestión estatal y privada.
- Baja matrícula en educación común y no común, de gestión privada y estatal.
- Bajo porcentaje de alumnos con 2 años de sobreedad del 1º, 2º y 3º ciclo de gestión estatal.
- Baja cantidad de establecimientos educativos, total.

B) Variables asociadas a situaciones favorables del sistema educativo y con valores superiores, al promedio general:

- Alto porcentaje de alumnos que tienen la edad esperada para el 1º, 2º y 3º ciclo de EGB, de gestión estatal que se refleja a su vez en el total.
- Alta tasa de promoción de 2º ciclo de EGB, de gestión estatal
- Alto porcentaje de la tasa de asistencia 6 a 14 años, estatal y privada.
- Alta tasa de promoción para el 1º ciclo de EGB, de gestión estatal.

C) Variables asociadas al comportamiento demográfico y socioeconómico de la población:

- Baja población, total (marcadamente inferior en todas las regiones).
- Alto índice de dependencia potencial, total.

D) Síntesis del grupo

- ✓ Registra el 16,5 % de la población de la provincia y se encuentra situada en el interior provincial.
- ✓ Baja cantidad de matrícula y establecimientos.
- ✓ Alto porcentaje de asistencia en la franja de niños de 6 a 14 años.
- ✓ Alta cantidad de alumnos con edad esperada y por ende, bajo porcentaje de alumnos con sobreedad en los tres ciclos de la EGB.
- ✓ Alta promoción en 1º y 2º ciclo de la EGB.
- ✓ Elevado índice de dependencia potencial.
- ✓ Baja cantidad de población.

Situación relevante del grupo: Escasa población, matrícula y establecimientos, localizado en el interior provincial y con eficiente desempeño educativo.

Grupo 4. ¿Qué caracteriza a este grupo que quedó conformado por una única región educativa?

Este grupo formado por la región educativa N° 19¹³ comprende 3 partidos provinciales; presenta una población aproximada de 616.000 habitantes que representa el 4,5 % de la población de la provincia.

Se puede decir que esta región no presenta similitudes con ningún otro agrupamiento, ni con ninguna región de la provincia.

La singularidad de la región está dada, básicamente, por los indicadores asociados a la educación en general y particularmente a todos aquéllos que hacen al funcionamiento del sistema. No se distingue por ningún indicador demográfico ni social específico.

De los tres distritos de esta región, es General Pueyrredón el que concentra el 91,5 % de la población¹⁴, siendo este partido el que imprime las características en la región, y por lo tanto en el grupo.

La región se caracteriza por una porción alta de la población que completó los estudios secundarios y superiores y por una proporción baja de población analfabeta. Si bien esta situación, junto con el importante número de matrícula superior, es propia de las regiones del primer agrupamiento, se observan una serie de particularidades que revelan por qué esta región no fue agrupada con ninguna otra.

En primera instancia, decimos que este agrupamiento se caracteriza por poseer mayor cantidad de establecimientos de gestión privada que el promedio general y menor cantidad de establecimientos de gestión estatal que la media general.

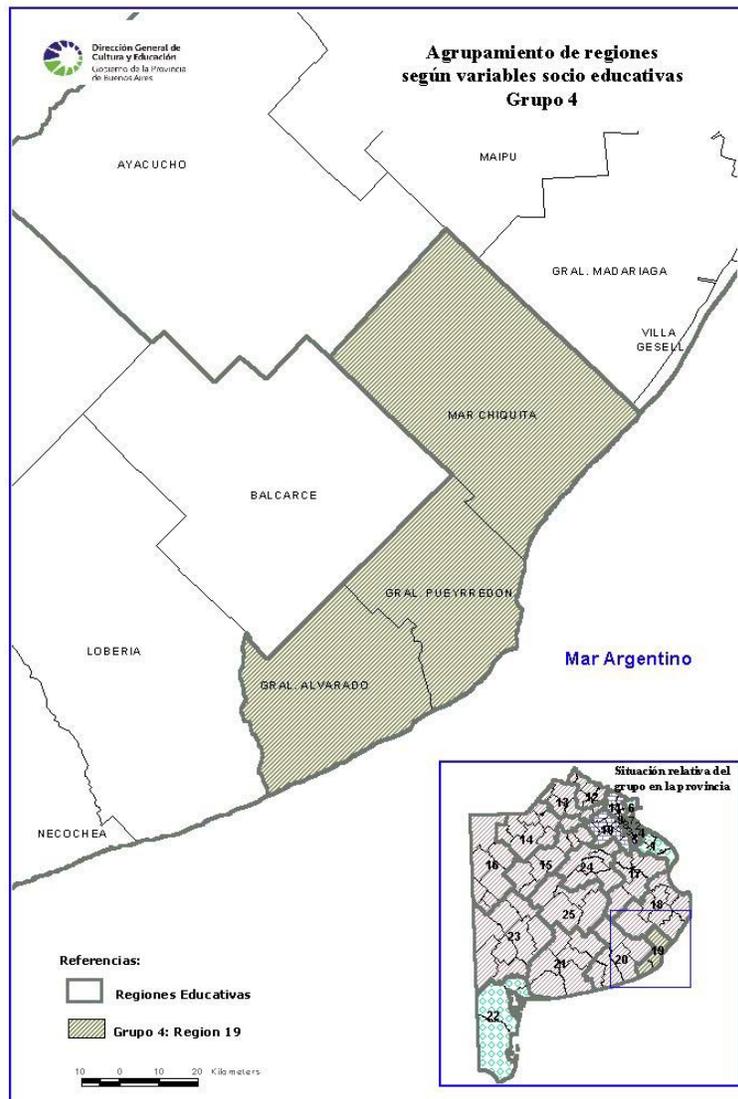


Figura 6. Provincia de Buenos Aires. Grupo 4.

Es importante resaltar que, la matrícula privada de educación común (incluye Educación Inicial, EGB, Educación Polimodal y Educación Superior) y no común (incluye Educación Especial, Educación de Adultos, Educación Artística, Educación Complementaria y Educación Física) es superior aproximadamente en 36.000 alumnos al promedio general. La matrícula de educación común privada presenta una diferencia de 29.000 alumnos y la matrícula de educación no común¹⁵ privada de unos 7.000 alumnos, ambas por encima de la media general.

Al estudiar los niveles educativos de la gestión privada, observamos que la matrícula de la región presenta valores superiores a los respectivos promedios generales de cada una de las siguientes variables, en educación inicial: 7.000 alumnos aproximadamente; en EGB: 17.000 alumnos, en la educación polimodal de 2.000 alumnos y en educación superior de 2.800 alumnos. Es decir, que el peso del sector privado es mayor que en cualquier otro grupo de la provincia.

En relación al nivel educativo alcanzado por la población adulta, se observa que existe un porcentaje mayor al promedio general en las categorías de "Secundaria completa y Superior incompleta" y "Superior completa" en los varones de los dos grupos etáreos: de 25 a 49 y de 50 a 69 años.

En cuanto a los indicadores del funcionamiento del sistema educativo diremos que en el sector estatal los valores no sobrepasan de los encontrados en los otros agrupamientos. Pero en el sector privado, se muestran marcadas diferencias en relación a los propios promedios generales, a saber: la promoción del 3º ciclo de la EGB presenta casi 6 puntos menos y son altos los valores que se presentan en la repitencia de EGB en el 1º, 2º y 3º ciclo. En cuanto al abandono, si bien el promedio general en el 1º y 2º ciclo de la EGB, es negativo el valor regional asciende a -0,90 % y a 0,3 % respectivamente. Es significativo además que en este mismo sector de gestión, el abandono del 3º ciclo de la EGB presenta 4 puntos más que el promedio respectivo.

Con respecto al nivel de educación polimodal se observa alta cobertura (tasa de asistencia de 15 a 17 años de 86 % aproximadamente), baja repitencia (aproximadamente 3 puntos por debajo del promedio general) y bajo abandono en el sector de gestión estatal.

Cabe resaltar que, en los cuatro niveles de enseñanza se observa el importante peso de la matrícula del sector privado, a saber:

A)

- Alta matrícula del nivel inicial, de gestión privada (17.889 alumnos de la región y 10.625 alumnos de promedio general).

- ❑ Alta matrícula del nivel EGB, de gestión privada (46.963 alumnos de la región y 29.978 alumnos de promedio general).
 - ❑ Alta matrícula del nivel polimodal, de gestión privada (10.890 alumnos de la región y 8.902 alumnos de la media general).
 - ❑ Alta matrícula del nivel superior, de gestión privada (5.390 alumnos de la región y 2.616 alumnos del promedio general).
- B) Caracterizando más fuertemente a esta región:
- ❑ Alta matrícula en educación no común, de gestión privada, siendo el valor de la región de 8.494 alumnos y el promedio general de 1.434 alumnos.
 - ❑ Alta matrícula en educación común, de gestión privada (81.132 alumnos de la región y 52.120 alumnos como media general).
 - ❑ Alta tasa de abandono en el 3º ciclo de la EGB, de gestión privada.
 - ❑ Alta tasa de repitencia en el 1º y 2º ciclo de EGB, de gestión privada.
 - ❑ Alto porcentaje de alumnos con sobreedad (con 1, 2 y 3 años de atraso) del 1º, 2º y 3º ciclo de EGB, de gestión privada.

C) Síntesis del grupo

- ✓ Contiene el 4,5 % de la población de la provincia y está formada únicamente por una región educativa.
- ✓ Altos porcentajes de la población con educación superior (completa e incompleta) y de la población que completó su educación secundaria.
- ✓ Alta matrícula de gestión privada en educación no común, superior, inicial, común, polimodal y EGB.
- ✓ Elevadas cantidades de establecimientos de gestión privada.
- ✓ Bajos valores de población analfabeta.
- ✓ Bajo porcentaje de la población adulta que nunca asistió o no completó su educación primaria.
- ✓ Educación polimodal con alta cobertura, baja repitencia y bajo abandono.
- ✓ Alta sobreedad en los alumnos de la educación primaria privada.
- ✓ Altas tasas de repitencia en todos los ciclos de EGB del sector privado.
- ✓ Elevadas tasas de abandono en el 1º y 3º ciclo en escuelas primarias privadas.

Situación relevante de este grupo: Se encuentra compuesto por una sola región educativa con elevada matrícula de gestión privada y bajo desempeño educativo en este sector.

4. CONSIDERACIONES FINALES

La relación entre educación y sociedad (igualdad/desigualdad) constituye el núcleo central del trabajo. El debate en torno a esta cuestión comienza en la década de 1960 cuando distintas investigaciones comienzan a plantear, con datos empíricos, el ideal de educación como cultura neutra, con mecanismos de cohesión e integración social y se visibilizan los límites del sistema educativo en lo que hace a incrementar la capacidad de producir riqueza y garantizar la movilidad social.

En nuestro estudio se han observado similitudes y diferencias entre las regiones educativas mirando igualdades y desigualdades, aproximándonos a cuestiones sociales, demográficas y económicas relacionadas a temas educativos, es decir, cómo es la relación y si esta relación enriquece o empobrece la misma.

El análisis realizado nos permitió agrupar las regiones educativas de la Provincia de Buenos Aires y diferenciar cuatro grandes grupos con sus particularidades, en cuanto a sus características socioeducativas, en función de la perspectiva de la equidad.

En base a las síntesis realizadas para cada uno de los grupos, podemos concluir que los grupos 1 y 4 muestran rasgos heterogéneos y contradictorios, en el sentido que presentan aspectos beneficiosos para un sector de la población junto con aspectos desfavorables para otro sector. Mientras los grupos 2 y 3, parecen mostrar, en general, rasgos homogéneos interiormente, pero a su vez, opuestos entre ellos: el grupo 2 con rasgos desfavorables para el conjunto de la población y el grupo 3 con rasgos favorables y con características más equitativas para el grueso de la población.

En todos estos casos estamos considerando los rasgos que se destacan como semejantes en las regiones de los grupos, por ende ello no significa que al interior de las mismas existan otros rasgos que no son representativos para caracterizar el conjunto.

En los agrupamientos aparecen diferentes trayectorias educativas del alumnado de distintos sectores sociales que remiten a la socialización en el contexto familiar que provee a los/as jóvenes actitudes y herramientas

cognitivas que no siempre se adaptan a las exigencias explícitas e implícitas de la escuela.

En relación a lo analizado se puede decir que los resultados son diferentes dado que la igualdad no es un punto de partida sino algo que debe ser buscado y que no se asocia únicamente a diferenciar estrategias desde el propio sistema educativo. Así, nos surgen nuevos interrogantes: ¿es posible educar en cualquier contexto social?, ¿cuál es el mínimo de equidad necesario para considerar que las prácticas educativas sean exitosas?

Se hacen visibles, al percibir los resultados en los cuatro agrupamientos, las dificultades del sistema educativo frente a distintos escenarios en donde varían las condiciones mínimas necesarias para que los/as jóvenes participen con igualdad en los procesos educativos, quedando explicitada la necesidad de un mínimo de bienestar social para poder educar.

Las distintas realidades observadas y las distintas formas que adquieren la relación entre educación y sociedad, hacen que el sistema educativo provincial quede enfrentado a múltiples desafíos para hacer efectivo el compromiso de una educación de calidad para todos. En este sentido el sistema educativo ¿está en condiciones de desarrollar estrategias acordes a cada realidad o se están conformando configuraciones sociales frente a las cuales no se puede ofrecer estrategias pedagógicas comunes?

Por último, de esta tensión entre educación y equidad social surgen nuevos interrogantes desde lo social: ¿en qué medida los objetivos de mayor equidad social se ven obstaculizados por una inequitativa distribución de saberes y conocimientos? y ¿qué aporte hacen las mejores condiciones de vida al logro de mejorar las metas educativas? desde lo educativo: ¿cuál es el aporte que hace la educación a la construcción de una sociedad más equitativa? y ¿qué inconvenientes producen para el desarrollo educativo las condiciones de injusticia social?

5. NOTAS

(1) Basado en: "*Caracterización de las Regiones Educativas de la Provincia de Buenos Aires. Análisis sociodemográfico y educativo*". Dirección de Información y Estadística. Dirección Provincial de Planeamiento. Dirección General de Cultura y Educación. Buenos Aires. Argentina (2007). Elaborado por el equipo profesional del Departamento Análisis de la Información. Documento elaborado siendo Directora la Lic. Jorgelina Seminario. En este trabajo participaron como profesionales asistentes de la Dirección: el Dr. Gustavo D. Buzai y la Lic. Claudia A. Baxendale. Así mismo, el Lic. Dino Camarda y el Prof. Daniel Eveleens han contribuido con el suministro

de las bases de datos. Responsables del trabajo: Lic. Diana Valdez Avalos, Lic. Adriana Semorile y Prof. Liliana Bevilacqua.

(2) Estas son subdivisiones pedagógicas y administrativas a los efectos de la supervisión y que organizan los 134 partidos -unidades político administrativas y censales- de la Provincia de Buenos Aires. Los datos de población corresponden al último Censo de Población, Hogares y Vivienda realizado en el año 2001 y los datos del sistema educativo fueron procesados por la Dirección de Información y Estadística de la DGCyE de la provincia en el año 2005.

(3) Se aclaran algunos términos: Variable es la concreción de un concepto, capaz de asumir varios valores identificables empíricamente. Varianza es una medida de la dispersión de los datos analizados respecto a su promedio.

(4) Un trabajo descriptivo con dichos indicadores fue publicado en el documento "*Información Educativa*" de las 25 Regiones Educativas de la Provincia de Buenos Aires, elaborado por esta Dirección en el año 2005.

(5) Región 1: La Plata, Coronel Brandsen, Magdalena, Punta Indio, Berisso y Ensenada. Región 2: Lanús, Lomas de Zamora y Avellaneda. Región 6: Tigre, San Fernando, San Isidro y Vicente López. Región 7: Gral. San Martín, Tres de Febrero y Hurlingham. Región 8: Morón, Merlo e Ituzaingó. Región 22: Monte Hermoso, Coronel Rosales, Bahía Blanca, Villarino y Patagones.

(6) En la documentación del INDEC, la definición de Gran Buenos Aires alude al área comprendida por la Ciudad de Buenos Aires más los 24 Partidos del Gran Buenos Aires en sentido administrativo (INDEC, 2003).

(7) La matrícula de Educación Superior contabiliza solamente las instituciones terciarias no universitarias.

(8) Situación favorable o desfavorable: el concepto se define según los parámetros de equidad considerados, en sentido general puede decirse del modo en que ha afectado a amplios sectores de la población la distribución de bienes materiales y culturales en una sociedad.

(9) Los valores o porcentajes del agrupamiento se consideran altos o bajos con respecto al promedio general, que son los promedios de las variables a través de las regiones.

(10) En esta variable se observan dos patrones de comportamiento dentro del agrupamiento: por un lado las Regiones 6 y 1 con los valores más altos del grupo, y por otro lado, las Regiones 7, 8, 2 y 22 que presentan valores marcadamente más bajos.

(11) Región 3: La Matanza. Región 4: Berazategui, Florencio Varela y Quilmes. Región 5: San Vicente, Presidente Perón, Almirante Brown, Esteban Echeverría y Ezeiza. Región 9: Moreno, San Miguel, José C. Paz, Malvinas Argentinas. Región 10: Navarro, Suipacha, Gral. Las Heras, S. A. de Giles, Mercedes, Luján, Gral. Rodríguez, Marcos Paz y Cañuelas. Región 11: Escobar, Pilar, Exaltación de la Cruz, Campana y Zárate.

(12) Región 12: Arrecifes, Baradero, C. Sarmiento, Ramallo, San Nicolás y San Pedro. Región 13: Colón, Pergamino, Rojas, Salto, Carmen de Areco y San Antonio de Areco. Región 14: Gral. Arenales, Junín, Chacabuco, Gral. Viamonte, Leandro N. Alem, Lincoln, Gral. Pinto y Florentino Ameghino. Región 15: Alberti, Bragado, C. Casares, Chivilcoy, H. Yrigoyen, 9 de Julio y Pehuajó. Región 16: Gral. Villegas, Carlos Tejedor, Rivadavia, Pellegrini, Salliqueló, Trenque Lauquen y Tres Lomas. Región 17: Chascomús, Gral. Belgrano, Gral. Paz, Monte, Pila y Rauch. Región 18: Ayacucho, Castelli, Dolores, Gral. Guido, Gral. Lavalle, Gral. Madariaga, La Costa, Maipú, Pinamar, Tordillo y Villa Gesell. Región 20: Tandil, Balcarce, Lobería, Necochea y San Cayetano. Región 21: Laprida, B. Juárez, Adolfo González Chaves, Cnel. Pringles, Cnel. Dorrego y Tres Arroyos. Región 23: Adolfo Alsina, Cnel. Suarez, Daireaux, Gral. Lamadrid, Guaminí, Puán, Saavedra y Tornquist. Región 24: Lobos, Roque Pérez, Saladillo, Veinticinco de Mayo, Gral. Alvear y Las Flores. Región 25: Bolívar, Tapalqué, Olavarría y Azul.

(13) Región 19: General Alvarado, General Pueyrredón y Mar Chiquita.

(14) Para reforzar: General Alvarado presenta el 5,5 % de la población de la región y Mar Chiquita el 3 % de la misma. Además, estos dos distritos no presentan matrícula de educación No Común, ni matrícula de educación superior.

(15) El único distrito que tiene educación No Común de gestión privada es General Pueyrredón con los siguientes servicios: Centros de Adultos y Formación Profesional, Escuelas de Arte y establecimientos de Educación Especial. Ni General Alvarado ni Mar Chiquita cuentan con esta matrícula. Por lo tanto, es Pueyrredón el que imprime el valor al indicador.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BAQUERO, R.; DIKER, G.; FRIGERIO G. 2007. *Las formas de lo escolar*. Del Estante ed. Buenos Aires.
- BOSQUE SENDRA, J.; MORENO JIMÉNEZ, A. 1994. Análisis exploratorio y multivariante de datos. Oikos-tau. Barcelona.
- BUZAI, G.D.; BAXENDALE, C.A. 2006. *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica*. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- CAILLODS, F. *Carta Escolar y Micro-planificación de la Educación*. IIFE-UNESCO.
- DIKER, G.; FRIGERIO G. 2008. *Educación: posiciones acerca de lo común*. Del estante editorial. Buenos Aires.
- DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN Y ESTADÍSTICA 2005. *Información educativa por región*. Dirección Provincial de Planeamiento. DGCyE. Provincia de Buenos Aires.
- DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN Y ESTADÍSTICA 2006. *Glosario de la Dirección General de Cultura y Educación*. DGCyE. Dirección Provincial de Planeamiento. Dirección de Información y Estadística. Departamento de Análisis de la Información.

- DIRECCIÓN GENERAL DE CULTURA Y EDUCACIÓN –DGCYE-. *Mapa Escolar*. Dirección Provincial de Planeamiento. Dirección de Información y Estadística. Departamento Análisis de la Información. (<http://www.mapaescolar.ed.gba.gov.ar/>).
- EICHELBAUM DE BABINI, A.M. 1989. *El problema de la selección, definición, uso y elaboración de indicadores educacionales*. Secretaría de Educación, Ministerio de Educación y Justicia. Programa Regional de Desarrollo Educativo, OEA, Bs.As.
- ESCOFIER, B.; PAGÉS, J. 1992. *Análisis factoriales simples y múltiples*. Universidad del País Vasco, Bilbao.
- FRIGERIO, G.; DIKER, G. (comps.) 2005. *Educación: ese acto político*. Del estante editorial. Buenos Aires.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. 1997. *Situación y evolución social. Rediseño del Sistema de Indicadores Sociodemográficos*. Buenos Aires.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. 2001. *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas*. Buenos Aires.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. 2003. *¿Qué es el Gran Buenos Aires?* Buenos Aires.
- LEBART, L.; MORINEAU, A.; FENELON, J.P. 1985. *Tratamiento estadístico de datos*. Marcombo Boixareu Editores, Barcelona.
- LÓPEZ, N. 2005. *Equidad educativa y desigualdad social. Desafíos de la educación en el nuevo escenario latinoamericano*. IIPÉ- UNESCO. Buenos Aires.
- LÓPEZ, N.; TEDESCO, J.C. 2002. *Las condiciones de educabilidad de los niños y adolescentes en América Latina*. Documento para la discusión. Versión preliminar. IIPÉ –UNESCO. Buenos Aires.
- MERCOSUR EDUCATIVO. *Sistema de Indicadores del MERCOSUR Educativo*. Sistema de Información y Comunicación del MERCOSUR Educativo.
- SAUVAGEOT, C. *Indicadores para la planificación de la educación: una guía práctica*. IIPÉ-UNESCO.
- SEN, A. 1995. *Nuevo examen de la desigualdad*. Alianza. Madrid.
- TEDESCO, J. C. 2000. *Educación en la sociedad del conocimiento*. Fondo de Cultura Económica. México.
- TENTI FANFANI, E. (comp.) 2008. *Nuevos temas en la agenda de política educativa*. Siglo Veintiuno. Buenos Aires.
- TIANA, A. 1997. Indicadores educativos. ¿Qué son y qué pretenden? *Cuadernos de Pedagogía*. 256.

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÁMBITO ESPACIAL DE UBICACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS: APLICACIÓN AL PARTIDO DE LUJÁN

CLAUDIA A. BAXENDALE - GUSTAVO D. BUZAI

1. INTRODUCCIÓN

En el marco de trabajos realizados para la Dirección de Información y Estadística (DIE) de la Dirección Provincial de Información y Planeamiento Educativo de la Dirección General de Cultura y Educación (DGCE) del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, durante el año 2006 se comenzó a pensar en una metodología que permitiera determinar, con parámetros precisos, el ámbito de ubicación apropiada de los establecimientos educativos, según su correspondencia con espacios urbanos o rurales.

Las causas que dieron lugar a esta necesidad surgieron al comenzar a cuestionarse la metodología utilizada hasta el momento, que brindaba como resultado situaciones en las que establecimientos ubicados muy próximos entre sí quedaban clasificados en categorías diferentes.

Estas diferencias se producían como consecuencia de una metodología basada en la percepción de la autoridad consultada. Debido a esto, un establecimiento se clasificaba como urbano o rural de acuerdo a un alto nivel de subjetividad.

Ante esta situación se le entregó a la DIE una propuesta metodológica que fue probada durante el año 2007 para comparar sus resultados con la clasificación utilizada hasta entonces. Su aceptación se realiza a partir del año 2008¹.

2. METODOLOGÍA PROPUESTA

La metodología propuesta tiene como objetivo brindar elementos para la realización de una clasificación espacial. Técnicamente su resolución se obtiene a partir de la cartografía digital existente en la DIE y de los datos obtenidos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2001².

Para ello se han considerado las definiciones que el INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) utiliza para diferenciar población urbana y población rural y la definición del concepto de localidad que utiliza el mismo organismo en base a un trabajo realizado por Vapñarsky (1988).

Tomando como base la diferenciación oficial que considera población urbana a aquella que habita en localidades de más de 2000 habitantes, población rural agrupada a la que habita en localidades de menos de 2000 habitantes y población rural dispersa a aquella que habita en campo abierto se propone una analogía considerando **escuelas urbanas** a aquellas ubicadas en la aglomeración de una localidad de más de 2000 habitantes, **escuelas rurales agrupadas** a aquellas ubicadas en la aglomeración de una localidad de menos de 2000 habitantes y **escuelas rurales dispersas** a aquellas ubicadas en campo abierto.

Tal vez la adjetivación no sea la más adecuada pero no da dudas al origen de la misma al mantener una analogía con las definiciones oficiales de población según el espacio geográfico donde habita.

Determinar el **área física de una localidad** debe contemplar la aplicación de múltiples criterios, los cuales, utilizados por el INDEC, se encuentran exhaustivamente presentados en la obra de Vapñarsky (1988) cuyo estudio y comprensión no es tarea menor; por su parte una definición general de localidad puede encontrarse en INDEC (2006).

En base a dichos criterios y a los insumos con los que cuenta la DIE se ha presentado una metodología posible de ser aplicada sin mayores inconvenientes, aunque requiere de un trabajo sumamente meticuloso en el entorno SIG (ArcView GIS de ESRI) que hemos realizado durante el año 2007.

2.1. CRITERIOS PARA LA UBICACIÓN DE ESCUELAS EN EL ESPACIO URBANO.

Criterio 1: Determinación de la ubicación de las localidades de más de 2000 habitantes.

Fueron consideradas las localidades de más de 2000 habitantes según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001, el censo de mayor actualidad. Como el trabajo se realiza en el año 2006 se consideró como población urbana a aquellas localidades de 1950 habitantes y más.

El listado de la totalidad de localidades es provisto por la Dirección Provincial de Estadística del Gobierno de la provincia de Buenos Aires. Es de destacar que en el listado de localidades provisto por el INDEC (2002)

se presentan las de carácter urbano y se aclara en notas las localidades **comprendidas o incluidas** (3) que forman una única aglomeración.

Cabe aclarar que oficialmente se entiende por **aglomeración** a una localidad definida desde un criterio físico referido a la concentración espacial de ciertos elementos artificiales tales como edificios y calles fácilmente reconocibles en el terreno o en fotografías aéreas o cartas topográficas actualizadas (INDEC, página web consultada en el año 2006).

Criterio 2: Selección del amanzanado mediante la determinación de las entidades espaciales correspondientes a los polígonos menores e iguales a 2 hectáreas.

Si bien el INDEC considera sólo las manzanas edificadas para realizar la definición física de localidad, en la DIE se propuso considerar el amanzanado independientemente de que esté o no edificado. Esta diferencia lleva a aclarar que, en un caso extremo, pueda ocurrir que se considere como parte de una localidad urbana una zona donde se ha aprobado un loteo por parte de los organismos pertinentes pero en la realidad dicho loteo no se ha materializado en el terreno.

La selección de polígonos con un tamaño de 2 hectáreas o menos se debe a que el INDEC define como manzana a una porción de terreno entre 1 a 2 hectáreas de superficie. Por su parte dentro del concepto de manzanas se incluyen a aquellas reales y virtuales es decir a aquellos polígonos que en forma total o parcial están rodeados por vías de comunicación.

Criterio 3: Determinación de la contigüidad espacial de los polígonos.

Identificado a un conjunto de 4 o más manzanas como una localidad, se determinaron los criterios de contigüidad para seleccionar aquellos conjuntos de manzanas que forman parte de la misma.

Así entonces pasan a formar parte de la localidad todo conjunto de menos de 4 manzanas contiguas que se encuentren a 500 metros o menos del amanzanado central y todo conjunto de 4 o más manzanas contiguas que se encuentren a 1000 metros o menos del amanzanado central.

Los criterios de contigüidad de 500 metros y de 1000 metros adoptados para definir el área física que abarcaría la localidad, y la cantidad de manzanas, fueron tomados de la definición física del concepto de localidad censal utilizado por el INDEC y presentadas por Vapñarsky (1998),

recordando que dicho organismo considera manzanas edificadas y en este caso se considera el amanzanado haya o no edificación en las manzanas.

Criterio 4: Construcción de un área de influencia o *buffer* a partir de los polígonos seleccionados como pertenecientes al aglomerado urbano.

Fue considerada una distancia de 1500 metros, adoptando la definición física del concepto de localidad censal utilizado por el INDEC (Vapñarsky, 1988), que considera que de existir un predio con un uso del suelo determinado a una distancia de 1500 metros o menos, ese predio se deberá incluir en la localidad a la que pertenece el mosaico de manzanas (edificadas en el caso oficial) más próximo⁴.

2.2. CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ESCUELAS EN EL ESPACIO RURAL "AGRUPADO" (AGLOMERACIÓN) O RURAL "DISPERSO" (CAMPO ABIERTO)

Criterio 5: Determinación de la ubicación de las localidades de menos de 2000 habitantes y delimitar su amanzanado.

Con la finalidad de determinar cuáles son las localidades de menos de 2000 habitantes se procede a la consulta de un listado elaborado por la Dirección Provincial de Estadística de la Provincia de Buenos Aires donde se incluyen de forma completa las localidades de cada partido.

Desde un punto de vista estrictamente espacial debemos considerar que puede aparecer en la capa temática algún conjunto de manzanas que no figure como localidad en dicho listado y esto se deba a la digitalización de algún amanzanamiento producto de un loteo realizado en el cual no existe aún edificación.

Por su parte también puede ocurrir que un loteo aprobado, realizado en la digitalización cartográfica pero no materializado en el terreno, sea considerado parte de una localidad con la consiguiente ampliación de su extensión.

Para definir el conjunto de manzanas que forman la aglomeración de las localidades de menos de 2000 habitantes se deben aplicar los criterios de contigüidad ya mencionados.

En este caso por tratarse de localidades de menos de 2000 habitantes en general el amanzanado tiende a presentarse en forma compacta. Por otro

lado consideramos que la "fuerza de atracción" o "influencia" de dicho centro poblado sobre su área de influencia es muy leve por lo cual no se propone la creación de un *buffer*.

Así entonces si el establecimiento educativo queda ubicado en una manzana que integra el conjunto de manzanas que forman una localidad de menos de 2000 habitantes se la considera como rural "agrupada" y si, por el contrario, no queda ubicado en alguna de las manzanas se lo considera ubicado en ámbito rural "disperso" es decir, en "campo abierto".

3. EJEMPLO DE APLICACIÓN AL PARTIDO DE LUJÁN

El partido de Luján se encuentra ubicado a aproximadamente 70 kilómetros de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Capital de la República Argentina), siendo uno de los 134 partidos que integran la provincia de Buenos Aires.

Al consultar la tabla de localidades de la Dirección Provincial de Estadística de la provincia obtenemos los siguientes valores de población según información del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001:

Tabla 1. Población de las localidades del Partido de Luján.

Localidad	Población total
Luján	67.266
José María Jáuregui	8.705
Open Door	5.014
Torres	1.727
Olivera	1.538
Cortines	1.305
Lezica y Torrezuri	1.067
Carlos Keen	506
Barrio Las Casuarinas	225
Población rural dispersa	6.639

Aparentemente tendríamos en el partido de Luján solamente 3 localidades con población urbana, sin embargo al consultar el listado de localidades de más de 2000 habitantes proporcionado por el INDEC, vemos que la localidad de Luján **comprende** Luján, Villa Flandria Norte, Villa Flandria Sur (Estación José María Jáuregui), Cortines y Lezica y Torrezuri.

Nótese que Villa Frandria Norte y Sur formarían lo que en el listado de la Dirección Provincial de Estadística de la Provincia se llama José María Jáuregui, y además que las localidades de Cortines y Lezica y Torrezuri serían localidades de menos de 2000 habitantes con población rural agrupada.

Sin embargo, el término "**comprende**" nos está indicando que si bien estas localidades fueron en sus comienzos aglomeraciones separadas, al expandirse una o más de ellas, de acuerdo a la definición de "localidad" adoptada por el INDEC y por esta metodología, llegaron a formar una localidad simple única o componente único de aglomerado.

Por lo tanto, los amanzanados correspondientes a las localidades de Luján, Villa Flandria Norte, Villa Flandria Sur (Estación Jáuregui), Cortines y Lezica y Torrezuri deben quedar todos dentro de un mismo *buffer*. Por su parte siendo Open Door una localidad de más de 2000 habitantes, también queda su amanzanado rodeado por un *buffer* previa aplicación de los criterios de contigüidad. Las escuelas ubicadas dentro de dichos *buffers* pasan a ser consideradas escuelas urbanas.

Cabe indicar también que dentro del partido de Luján un conjunto de manzanas localizadas hacia el Este quedarían incluidas dentro de lo que sería el *buffer* que, proveniente del partido de General Rodríguez, las incluye dentro del aglomerado del Gran Buenos Aires. Las escuelas allí ubicadas también quedarían clasificadas como urbanas.

Una vez determinado el amanzanado de las localidades de Torres, Olivera y Carlos Keen, las escuelas ubicadas en dichos amanzanados pasan a ser consideradas escuelas rurales agrupadas. Cabe señalar que el Barrio Las Casuarinas queda ubicado dentro del *buffer* correspondiente a la localidad de Luján.

El resto de los establecimientos educativos no pertenecientes a ninguna de estas dos categorías quedan clasificados como rurales dispersos.

Como ejemplo, la Figura 1 presenta una ampliación de un sector del área de estudio. Las escuelas clasificadas como "urbanas" quedan ubicadas dentro de los *buffers* representadas por un triángulo; las escuelas clasificadas como "rurales agrupadas" quedan representadas por un círculo y puede apreciarse su ubicación por ejemplo en el amanzanado de las localidades de Carlos Keen y Olivera; por último las escuelas clasificadas como "rurales dispersas" se representan con un cuadrado.

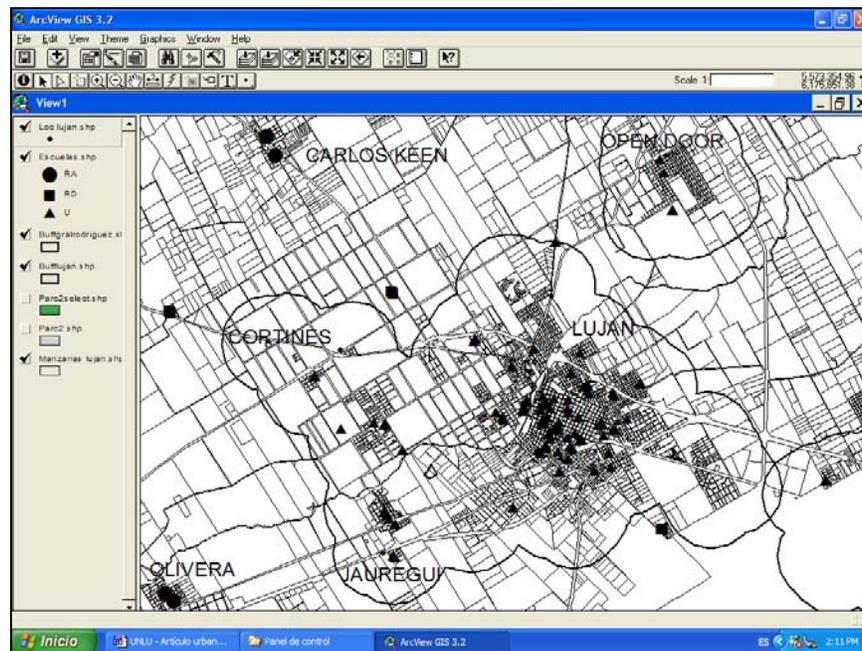


Figura 1. Ampliación de la aglomeración de Luján y localidades circundantes.

4. CONSIDERACIONES FINALES

La construcción de la metodología propuesta tiene como objetivo brindar una herramienta de clasificación de escuelas según su ámbito espacial de localización ofreciendo un método con mayor nivel de objetividad y mejor fundamentado que el utilizado hasta la actualidad.

Mejorar el nivel de objetividad implica la consideración estricta de las definiciones y los criterios adoptados para construir una clasificación perfectamente comparable en la totalidad del espacio geográfico provincial que sirva como base para determinar su evolución a futuro.

La resolución técnica, si bien se ha pautado con claridad, implica una tarea laboriosa al presentar dificultades de diversa índole en sus diferentes etapas:

- dificultad para determinar la ubicación de algunas localidades debido a ambigüedades toponímicas o diferencias en las fuentes cartográficas consultadas;
- dificultad en la aplicación de los criterios de contigüidad espacial para determinar el área física de una aglomeración, especialmente en los partidos que forman parte del Gran Buenos Aires o en partidos con ciudades intermedias de gran tamaño como el partido de General Pueyrredón, La Plata y Bahía Blanca;
- dificultades en la aplicación de los criterios de contigüidad ante nuevas formas urbanas que surgen en el territorio diferente al clásico amanzanado en damero, como es el caso de los nuevos desarrollos urbanos presentados por las urbanizaciones cerradas (barrios cerrados, clubes de campos, country clubs, clubes de golf, de polo, hípico, clubes de chacras, clubes náuticos), que si bien en ocasiones se encuentran ubicadas en "campo abierto", desde un punto de vista funcional presentan un estilo de vida sin duda urbano.

A pesar de las dificultades mencionadas y las limitaciones que pueda ofrecer la metodología propuesta, ésta habría sido considerada por la DIE una herramienta metodológicamente consistente y de allí su aceptación a partir del presente año.

5. NOTAS

(1) Durante este período y continuando en el cargo se desempeña como Jefa del Departamento de Análisis de Información la Lic. Liliana Bevilacqua, siendo Directora la Lic. Jorgelina Seminario hasta finales del año 2007. A partir del año 2008 la nueva dirección de la DIE se encuentra a cargo de la Lic. Nancy Montes.

(2) Para la determinación de la metodología se ha debido realizar varias pruebas con la base de datos cartográfica de la DIE con el apoyo técnico en el manejo del Sistema de Información Geográfica ArcView GIS de la Lic. Silvina Fernández.

(3) En las notas mencionadas referidas al listado de localidades urbanas (INDEC, 2002), el término "incluye" precede a nombres de barrios, villas o loteos, cuarteles, parques industriales, etc., de una localidad simple (o componente de aglomerado), consecuencia de la expansión espacial de ésta, por lo común periféricos, ya un tanto separados, ya sin solución de continuidad con el resto de la localidad simple (o componente del aglomerado). Por ejemplo la localidad de Punta Alta ubicada en el partido Coronel de Marina L. Rosales "incluye" Puerto Belgrano. Por su parte el término "comprende" precede a nombres de dos o más áreas que inicialmente fueron localidades separadas pero que, al expandirse una o más de ellas, de

acuerdo con la definición de "localidad" adoptada llegaron a formar una localidad simple única o componente único de aglomerado. Se expone un ejemplo al presentarse el caso de estudio.

(4) En otra modalidad de análisis, cuando se centra en el establecimiento educativo, además del *buffer*, las áreas de influencia pueden calcularse con polígonos de Voronoi / Thiessen o por la demanda distribuida espacialmente. No son procedimientos aptos para este trabajo pero se mencionan a fin de completar el concepto. Esto ha sido analizado empíricamente en Buzai y Baxendale (2006), Capítulo 16, "Análisis de áreas de influencia".

6. BIBLIOGRAFÍA

- BUZAI, G.D.; BAXENDALE, C.A. 2006. *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica*. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- DIRECCIÓN PROVINCIAL DE ESTADÍSTICA. 2006. *Población por sexo según partido y localidad. Provincia de Buenos Aires. Año 2001*. Gobierno de la provincia de Buenos Aires. En: www.ec.gba.gov.ar
- INDEC. 2002. *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001. Resultados provisionales. Total del país*. Cuadro: Buenos Aires. Población en el año 1991 y población por sexo en el año 2001, según localidad y población urbana / rural. Buenos Aires.
- INDEC. 2006. *Definición de localidad*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Buenos Aires. En: www.indec.mecon.gov.ar
- VAPÑARSKY, C.A. 1998. *El concepto de localidad: definición, estudios de caso y fundamentos teórico-metodológicos*. INDEC Serie D N° 4. Buenos Aires.

***RANKING* DE ESCUELAS A PARTIR DEL USO DE INDICADORES DE PLANIFICACIÓN: APLICACIÓN A LAS ESCUELAS EGB EN LA CIUDAD DE LUJÁN¹**

GUSTAVO D. BUZAI – CLAUDIA A. BAXENDALE

1. INTRODUCCIÓN

Considerar uno de los objetivos clásicos de la Geografía como resulta ser el estudio de diferenciaciones encontradas en el espacio geográfico resulta central al momento de utilizar las actuales tecnologías de los Sistemas de Información Geográfica en la búsqueda y definición de entidades diferenciadas con fines de análisis, gestión y planificación.

La posibilidad de trabajar con múltiples variables medidas en las unidades espaciales (puntuales, lineales o areales) del ámbito de estudio permite la realización de procedimientos matemáticos que llevan a la combinación de atributos en la búsqueda de valores únicos, como síntesis del resultado. El mapeo de estos valores y el análisis de sus distribuciones espaciales constituyen herramientas de primer nivel para avanzar en una ciencia aplicada de utilidad concreta a los fines del ordenamiento territorial.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar una metodología aplicada en el trabajo realizado para la clasificación de escuelas de educación general básica (EGB) en la ciudad de Luján mediante el uso de indicadores de planificación, con los cuales, mediante el uso de puntajes estandarizados, es posible saber cuán alejadas se encuentra cada una de las escuelas de los estándares definidos para la obtención de justicia espacial.

Los aspectos teóricos se relacionan con la importancia que adquiere el procedimiento de *construcción regional* a través de la posibilidad de aplicar procedimientos cuantitativos de clasificación y particularmente al momento de utilizar las actuales tecnologías de los Sistemas de Información

¹ Aceptado para publicación en *Estudios Socioterritoriales* (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Argentina, 2008).

Geográfica (Buzai, 2005). Los aspectos metodológicos consideran la matriz de datos como herramienta para la organización de la información espacial, procedimientos que llevan a la construcción de indicadores de planificación y a la obtención de resultados en forma alfanumérica y cartográfica.

Si bien el resultado se presenta como imagen de una situación real, el procedimiento clasificatorio no genera un modelo único y estático, sino que pone de manifiesto una herramienta de flexibilidad para el seguimiento de la evolución en los datos disponibles. Se convierte de esta manera en una técnica que el análisis espacial brinda al proceso de toma de decisiones.

La aplicación apoya este proceso específicamente para el caso de las escuelas EGB en la ciudad de Luján.

2. TEORÍA

2.1. HACIA LA CONSTRUCCIÓN REGIONAL

El análisis espacial basado en procedimientos de clasificación, desde un punto de vista geográfico, encuentra dos vertientes principales de aplicación: el tratamiento de *variables* y el de *unidades espaciales*.

El estudio centrado en las variables brinda la posibilidad de obtener mapas de temas específicos como resultado de una clasificación multivariada o la construcción de *macrovariables*. El estudio centrado en las unidades espaciales corresponde a procedimientos que finalizan con una *regionalización* del área de estudio.

Un procedimiento tradicional de los estudios geográficos es la construcción de áreas por la superposición de mapas de un único tema (*regiones sistemáticas* o *monotéticas*) con la finalidad de que sus combinaciones brinden nuevas áreas, más pequeñas y homogéneas en la asociación espacial de categorías temáticas (*regiones geográficas formales* o *politéticas*).

Este método de construcción ha sido considerado a mediados del siglo pasado como un procedimiento racional de exclusividad geográfica y se lo considera la base conceptual para el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica *Raster* basados en procedimientos del modelado cartográfico a través del álgebra de mapas. La actualidad del tratamiento digital en esta línea pueden verse en DeMers (2002) y en los avances realizados en cuento a las técnicas de evaluación multicriterio (Gómez Delgado y Barredo Cano, 2006).

Cuando los datos de naturaleza espacial se estructuran en Sistemas de Información Geográfica *Vectorial* se procede a considerar la existencia de dos bases de datos vinculadas sobre un sistema de coordenadas: la *base de datos alfanumérica* y la *base de datos gráfica*. En Buzai y Baxendale (2006) analizamos esta combinación como el núcleo de la geoinformática y una de las actuales definiciones de los Sistemas de Información Geográfica. Desde un punto de vista operativo cada columna de la matriz correspondiente a la base de datos alfanumérica representa una variable, es decir, un tema que puede analizarse desde el punto de vista de su distribución espacial cuando se lo representa cartográficamente. En este sistema, cada columna puede ser conceptualizada como un mapa y los estudios de correspondencia espacial entre categorías de un mapa pueden ser entendidos como asociación de los datos alfanuméricos contenidos en las columnas. Los resultados se obtendrían en una columna síntesis de las relaciones como paso fundamental para la clasificación espacial.

2.2. LA CONSTRUCCIÓN REGIONAL COMO CLASIFICACIÓN

El sistema de clasificación enunciado en el punto anterior se refiere al espacio geográfico de una manera implícita, ya que la intención es clasificar valores de atributos que sólo cobran sentido ante su cartografía y el análisis de la distribución espacial de los resultados obtenidos.

La composición del espacio geográfico en la modalidad de distribuciones puntuales, tal el caso de los servicios colectivos a la población (Bosque Sendra y Moreno Jiménez, 2004) guarda estrecha correspondencia conceptual con la definición regional.

Si se actúa sobre el nivel de las variables: (1) al considerar una única variable se obtiene una clasificación *monotética* y la diferenciación espacial se produce por los intervalos de clase definidos, y (2) si se combinan varias variables se obtiene una clasificación *politética* en un resultado síntesis.

Si se actúa sobre el nivel de las unidades espaciales puntuales: (3) al considerar el conjunto de mediciones para cada entidad las clasificaciones finales agrupan unidades espaciales en lo que podría denominarse un proceso de *regionalización*.

El nivel 2 es el que ha sido trabajado en la presente aplicación, en la cual, la clasificación multivariada se realiza mediante el procedimiento de clasificación aplicado a los denominados *indicadores de planificación*.

Es de destacarse que la clasificación espacial, para entidades de naturaleza puntual, debe contemplar ciertas definiciones lógicas: (1) El total de las

clases debe contemplar la totalidad de entidades del área de estudio, es decir, que todas las entidades espaciales deben estar adjudicadas a una clase, (2) Las clases son disjuntas, es decir, que una entidad espacial se adjudica exclusivamente a una única clase, y (3) El procedimiento de clasificación se debe realizar considerando variables que lleven a una clara diferenciación.

3. MÉTODO

3.1. MATRIZ DE DATOS

La organización de los datos de atributos numéricos medidos en las unidades espaciales que integran el área de estudio se realiza en una *matriz de datos* estructurada en filas (unidades espaciales) y columnas (variables).

Esta organización corresponde al formato tradicional utilizado para el tratamiento estadístico de los datos, en correspondencia con la estructura provista para el procesamiento digital a través de planillas de cálculo, programas de análisis estadístico y bases de datos relacionales en Sistemas de Información Geográfica.

El abordaje de la matriz de datos presenta dos perspectivas principales. El sentido de las filas permite analizar de qué manera diferentes variables se combinan en una única unidad espacial (perspectiva *regional*) y el sentido de las columnas permite ver la distribución espacial de una variable en la totalidad de unidades (perspectiva *sistemática*), lo cual a nivel gráfico puede quedar representado por un mapa temático.

Cada celda de la matriz de datos se considera un *hecho geográfico* ya que representa un valor de la relación entre dos observables: la unidad espacial y la variable. Es el valor específico que una variable adquiere en una determinada unidad espacial.

Aunque existen posibilidades en la ampliación de las perspectivas de análisis, esta organización detallada presenta una excelente aptitud para el desarrollo del método de *clasificación de unidades espaciales mediante indicadores de planificación* ya que los procedimientos realizados se centran en una perspectiva sistémica para el tratamiento específico de las variables seleccionadas.

3.2. VARIABLES

Cuando se organizan los datos numéricos en la *matriz de datos* se confecciona la llamada *matriz de datos originales* (MDO) de $n \times m$ (filas-unidades espaciales por columnas-variables) que contiene la totalidad de los datos correspondiente a los atributos numéricos recopilados en el área de estudio.

Estos datos originales dan lugar a una *matriz de datos índice* (MDI) donde son incorporadas relaciones de proporción entre variables o participaciones porcentuales en relación a un valor total de referencia.

Un análisis de la MDO y de la MDI permite ubicar conceptualmente sus variables en cuatro grupos:

1. *Variables de beneficio* son aquellas que en sus máximos valores expresan una situación de máxima favorabilidad.
Ejemplo: *Porcentaje de población de 18 a 25 años con máximo nivel educativo alcanzado secundario completo*. Cuanto mayor sea su valor mejor es la situación.
2. *Variables de costo* son aquellas que en sus máximos valores expresan una situación de máxima desfavorabilidad.
Ejemplo: *Tasa de repitencia*. Cuando mayor sea su valor peor es la situación.
3. *Variables de objetivo* son aquellas en las que se puede definir un valor óptimo como ideal a ser logrado.
Ejemplo: *Alumnos por aula*. Se determina un valor ideal o valor objetivo y cuanto más cercano sean los valores específicos a dicho valor mejor es la situación.
4. *Variables neutras* son aquellas en las que no puede definirse ninguna de las situaciones anteriores.
Ejemplo: *Cantidad de aulas*. Pocas o muchas aulas, de por sí solo, no indica una peor o mejor situación.

3.3. CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES DE PLANIFICACIÓN

El método será realizado a través de la consideración de *variables de beneficio, costo u objetivo* que se extraerán de la MDO o la MDI con la finalidad de llegar a la diferenciación socio-espacial del área de estudio mediante la realización de la *clasificación de unidades espaciales basada en indicadores de planificación*.

Tomando como puntaje direccional las características de beneficio, todas ellas se transforman en puntajes comparativos.

- *Puntaje de beneficio (PB):*

$$[1] PB = \Omega \times 100$$

$$[2] \Omega = \frac{x_i - x_m}{x_M - x_m}$$

donde x_i es el valor de la variable en cada unidad espacial, x_m y x_M son respectivamente el valor mínimo y máximo de la serie de datos.

- *Puntaje de costo (PC):*

$$[3] PC = (1 - \Omega) \times 100$$

donde Ω se encuentra definido en [2]

- *Puntaje de objetivo (PO)*

$$[4] PO = 100 - |x_i - v_o| \times UA$$

$$[5] UA = \frac{100}{|v_o - vmd|}$$

donde x_i es el valor de la variable en cada unidad espacial, v_o es el valor objetivo, UA es la unidad de ajuste y vmd es el valor más distante hacia el valor objetivo.

En cada uno de los casos los puntajes obtenidos se distribuyen en el rango que va de 0 a 100 con las siguientes características:

$$[6] 0 \leq p \leq 100$$

[7] Puntaje 0 (valor mínimo en VB, valor máximo en VC, más alejado en VO)

[8] Puntaje 100 (valor máximo en VB, valor mínimo en VC, valor sobre VO).

El puntaje 0 queda asignado al valor mínimo (peor situación) en las variables de beneficio, al valor máximo (peor situación) en las variables de costo y el valor más alejado (peor situación) al valor objetivo en las variables de objetivo. El puntaje 100 representa el valor máximo (mejor situación) en las variables de beneficio, al valor mínimo (mejor situación) en las variables de costo y el valor objetivo (mejor situación) en las variables de objetivo.

4. APLICACIÓN

4.1. PREGUNTAS INICIALES

El esquema inicial del proyecto fue realizado siguiendo la red de actividades que presenta etapas y diferentes tareas de investigación encadenadas desde su comienzo (definición de la problemática) hasta su finalización (transferencia de los resultados).

Para modelizar estas secuencias se ha utilizado la metodología PERT (*Program Evaluation and Review Techniques*) y CPM (*Critical Path Scheduling*), sistemas de representación apoyados en la teoría de grafos y de gran utilidad para la visualización de la tarea total. Desde el punto de vista de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica esta técnica se desarrolla en Buzai y Baxendale, (2006).

De ella debemos destacar que el marco epistémico *estructuralista* nos permite visualizar a la localización espacial del servicio educativo como un sistema complejo en el cual existen diferentes escalas de análisis y posibilidades de intervención. García (2006) desarrolla en detalle una postura dentro de la cual nosotros abordaremos principalmente dos niveles dimensionales: el que corresponde a ciertos atributos básicos de las entidades del sistema y el de la distribución espacial del conjunto atributos-entidades.

Por lo tanto, son dos las preguntas básicas que han guiado la aplicación:

1. ¿Qué puntaje de clasificación espacial adquiere cada escuela EGB en base a la combinación de los indicadores de planificación?
2. ¿Qué aspectos pueden destacarse de la distribución espacial de los resultados?

Ambas apuntan al logro en la obtención de una modelización que brinde utilidad como herramienta eficiente al momento de realizar las tareas de

diagnóstico y la toma de decisiones que desde un punto de vista político-administrativo deben ser tomadas al momento de gestionar el servicio educativo. Es recomendable prestar particular atención a la magnitud que adquieren los conceptos de equidad, justicia e igualdad al momento que se incorpora la dimensión espacial (Moreno Jiménez, 2006) y de eso se trata, realizar estudios que apoyen una mejora en la justicia espacial de la población.

4.2. DATOS ESPACIALES

Al trabajar con base en Sistema de Información Geográfica vectorial podemos definir este requerimiento de la investigación en dos niveles:

1. Información gráfica:

a) Capa temática en sistema vectorial (puntual) con la localización espacial de las 14 escuelas EGB de la ciudad de Luján (Fuente: DPIPE – Mapa Escolar, 2004).

b) Capa temática en sistema vectorial (lineal) con el trazado de calles que permita verificar la ubicación y conectividad de las 14 escuelas EGB de la ciudad de Luján (Fuente: DPIPE – Mapa Escolar, 2004).

2. Información numérica:

a) Matrícula EGB (Fuente: DPIPE – Mapa Escolar, 2004).

b) Repitentes EGB (Fuente: DPIPE, 2004).

c) Superficie en aulas (Fuente: Consejo Escolar – Municipalidad de Luján, según legajos de la Dirección Provincial de Infraestructura).

d) Capacidad teórica de las escuelas: Cantidad de alumnos que puede albergar cada establecimiento educativo en función de dividir el total de superficie en aulas por 1,25 m² según recomendaciones de UNESCO.

e) Cantidad de aulas: Número total de aulas de cada establecimiento educativo (Fuente: Consejo Escolar – Municipalidad de Luján, según legajos de la Dirección Provincial de Infraestructura).

4.3. SISTEMA DE AYUDA A LA DECISIÓN ESPACIAL

El importante nivel de generalidad puede ser considerado al mismo tiempo la mayor ventaja y la mayor desventaja de los Sistemas de Información Geográfica. Ventaja porque permite que tengan utilidad para muchos y variados tipos de aplicaciones y desventaja porque muchas veces no presentan utilidad en aplicaciones específicas.

Por este motivo son desarrollados y ocupan una posición estratégica en cuanto a las técnicas para la resolución de problemáticas espaciales los que se han denominado Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE). Por lo tanto, estos han sido desarrollados donde los Sistemas de Información Geográfica han mostrado sus limitaciones.

Un SADE puede ser definido como un sistema de *software* diseñado específicamente para proveer a los tomadores de decisiones de un ambiente flexible y de accesible manejo que le permita trabajar con información espacial para la obtención de resultados concretos dentro de una serie de alternativas posibles (Densham, 1991).

En la presente aplicación hemos utilizado la combinación SIG + SADE a partir de trabajar con las bases de datos .shp (ArcView GIS de ESRI, *Environmental Systems Research Institute*) en el *software* EduPlan desarrollado por University of Waterloo (Ontario, Canadá) y el Centro Latinoamericano de Demografía – CELADE (Santiago de Chile, Chile). Características del sistema pueden ser vistas en Hall y Bowerman (2003).

4.4. PROCEDIMIENTOS REALIZADOS

Una vez que la base de datos ha sido desarrollada de forma completa para su uso en Sistema de Información Geográfica vectorial en formato .shp se deben cumplir una serie de etapas para su uso en el SADE.

1. Definición del escenario de trabajo (elementos del sistema): Creación y administración de un nuevo escenario en el cual se incorpore la totalidad de la información a ser analizada. En la presente aplicación se incluyen tres bases de datos geográficas en formato de capas temáticas, las que corresponden a escuelas EGB (puntual), la red de calles (lineal) y los radios censales urbanos (poligonal) con información sociodemográfica, para fines visuales y potenciales análisis de asociación e interacción espacial.
2. Definición del área de estudio: Se establece para cada tipo de información si se trabajará con el total o con un conjunto de entidades. La aplicación realizada ha considerado el total de la información incorporada en el escenario.
3. Manejo de tablas: Apertura de las bases de datos numéricas originales con la finalidad de visualización, modificación o creación de nuevos indicadores. Es posible la unión de tablas externas con la

finalidad de incorporar datos de diferentes fuentes pero atribuidos a las mismas entidades geográficas.

4. Creación de indicadores de planificación: A partir de tomar datos de la matriz de datos originales o matriz de datos índice permite crear los nuevos indicadores usando las fórmulas desarrolladas como *puntajes de beneficio* (pb), *puntajes de costo* (pc) y *puntajes de objetivo* (po).

Fue considerado un indicador de planificación (IP-1) en base a una variable de costo:

- *Tasa de Repetición* = Repitentes / Matrícula

Fueron calculados dos indicadores de planificación (IP-2 e IP-3) en base a dos variables de objetivo:

- *Proporción estudiantes por aulas* = Matrícula / Cantidad de aulas en 2 turnos (valor objetivo = 30 alumnos)
- *Sub/Sobre utilización de las aulas* = Matrícula – Capacidad teórica del establecimiento en 2 turnos (Valor objetivo = 0)

5. Obtención de la clasificación: Realizados los cálculos correspondientes para la creación de los indicadores de planificación es posible clasificar las escuelas EGB en función en los valores obtenidos como puntajes de clasificación espacial (PCE) como síntesis de la evaluación.
6. Análisis e interpretación de resultados: Basado en la información obtenida a partir de la tabla de atributos asociada (puntajes para cada indicador en cada escuela EGB) y en su representación cartográfica (distribución espacial de los resultados).

4.5. RESULTADOS NUMÉRICOS

Los resultados numéricos obtenidos permiten verificar la posición que ocupa cada establecimiento educativo en base a su puntaje de clasificación espacial (PCE), en base a este puntaje la tabla 1 presenta los resultados ordenados de forma decreciente.

Del análisis de los resultados se verifica que la escuela EGB 0063PP0012 ostenta el puntaje mayor y la escuela EGB 0063PP0028 el puntaje menor, en un rango que va desde 77,18 a 19,24.

Asimismo es posible verificar cómo ha sido el comportamiento de los indicadores de planificación que brindan la base de resultados. Desde esta perspectiva se puede observar cómo en el primer caso la escuela EGB 0063PP0012, si bien es la se encuentra en la mejor posición, presenta

situaciones favorables (valores cercanos al 100) solamente en dos indicadores de planificación. El análisis más detallado muestra que, si bien este establecimiento educativo es el mejor posicionado, esto se debe principalmente a sus condiciones favorables en relación a la tasa de repitencia (IP-1=86,387) y a la proporción de estudiantes por aulas (IP-2=97,244), presentando una situación de menor favorabilidad en relación a la diferencia entre la matrícula y la capacidad teórica que ofrece el establecimiento (IP-3=17,911).

Tabla 1. Resultados numéricos. Indicadores de planificación y PCE

Código EGB	IP-1	IP-2	IP-3	PCE
0063PP0001	72,804	26,566	6,407	35,26
0063PP0002	0,154	86,007	87,744	57,97
0063PP0007	38,624	90,459	67,967	65,68
0063PP0010	30,169	10,500	29,805	23,49
0063PP0011	28,429	78,092	80,223	62,25
0063PP0012	86,387	97,244	47,911	77,18
0063PP0014	31,032	94,321	78,273	67,88
0063PP0015	66,522	14,134	67,131	49,26
0063PP0019	12,658	68,652	86,351	55,89
0063PP0021	42,436	39,046	53,482	44,99
0063PP0028	57,716	0	0	19,24
0063PP0029	0	80,010	55,432	45,15
0063PP0031	100	43,074	56,825	66,63
0063PP0033	72,128	82,827	69,359	74,77

Cabe aclarar que para comprender más cabalmente los resultados de los puntajes normalizados es necesario un análisis de los valores originales a modo de tener presentes los valores máximos y mínimos. En la presente aplicación la tasa de repitencia presenta en general valores muy bajos – cercanos a cero- en todos los casos, mientras que para la proporción de alumnos por aula los valores que más se alejan del objetivo son el de 16,5 (13,5 alumnos por debajo del objetivo) y el de 45,7 (15,7 alumnos por sobre el objetivo). Así también, para la diferencia entre la matrícula y la capacidad teórica del establecimiento, considerando el total de aulas en 2 turnos y 1,25 m² por alumno, los valores extremos se alejan del valor objetivo en 359 y -155 alumnos por sobre y bajo el objetivo respectivamente.

Si se presta atención al IP-3 correspondiente a la relación entre la matrícula y la capacidad teórica de aulas se observa que la escuela EGB 0063PP0002 es la que presenta mejor resultado (IP-3=87,744).

Solamente si se analiza la columna de origen para IP-3 se puede saber si este resultado se produce por una sub-utilización o una sobre-utilización. En este caso el mejor puntaje se corresponde con la menor diferencia entre matrícula y capacidad teórica con un valor original de -44 alumnos.

Por su parte, si se analizan los valores correspondientes al indicador de planificación IP-1 se puede observar que el valor cien (100) corresponde a la mejor situación en un establecimiento de EGB con valor cero en los datos originales. Este es el único valor máximo visible en los resultados.

En forma global podemos ver que ningún establecimiento educativo EGB obtiene los mayores puntajes en los tres indicadores de planificación, por lo que el mayor puntaje en el PCE, en ningún caso llega a 100. En sentido inverso tampoco se verifica algún establecimiento educativo EGB que tenga las peores condiciones en los tres indicadores ya que el menor puntaje en el PCE no llega a ser 0. Sin embargo el rango 19,24 – 77,18 muestra una tendencia generalizada hacia situaciones de baja favorabilidad.

4.6. RESULTADO CARTOGRÁFICO

La obtención de mapas puede darse en tres niveles: (1) el de las variables originales, (2) el de los indicadores de planificación, y (3) el del puntaje de clasificación espacial (PCE) como síntesis del resultado. La cartografía de los indicadores de planificación representan resultados parciales de la investigación y la de PCE el resultado final (Buzai y Baxendale, 2008).

El mapa de resultado (Figura 1) se realizó mediante la clasificación del campo PCE en cinco intervalos iguales en donde la favorabilidad del establecimiento educativo EGB va aumentando a medida que el símbolo utilizado (estrella) es mayor.

Los intervalos seleccionados pueden ser entendidos bajo dos conceptos diferentes y de interpretación opuesta: (1) *Favorabilidad*, que aumenta cuando aumenta el tamaño del símbolo, y (2) *Prioridad de intervención*, que aumenta cuando disminuye el tamaño del símbolo.

Favorabilidad muy baja = Prioridad 1, PCE entre 19,239 y 30,827

Favorabilidad baja = Prioridad 2, PCE entre 30,827 y 42,416

Favorabilidad media = Prioridad 3, PCE entre 42,416 y 54,004

Favorabilidad alta = Prioridad 4, PCE entre 54,004 y 65,593

Favorabilidad muy alta = Prioridad 5, PCE entre 65,593 y 77,181

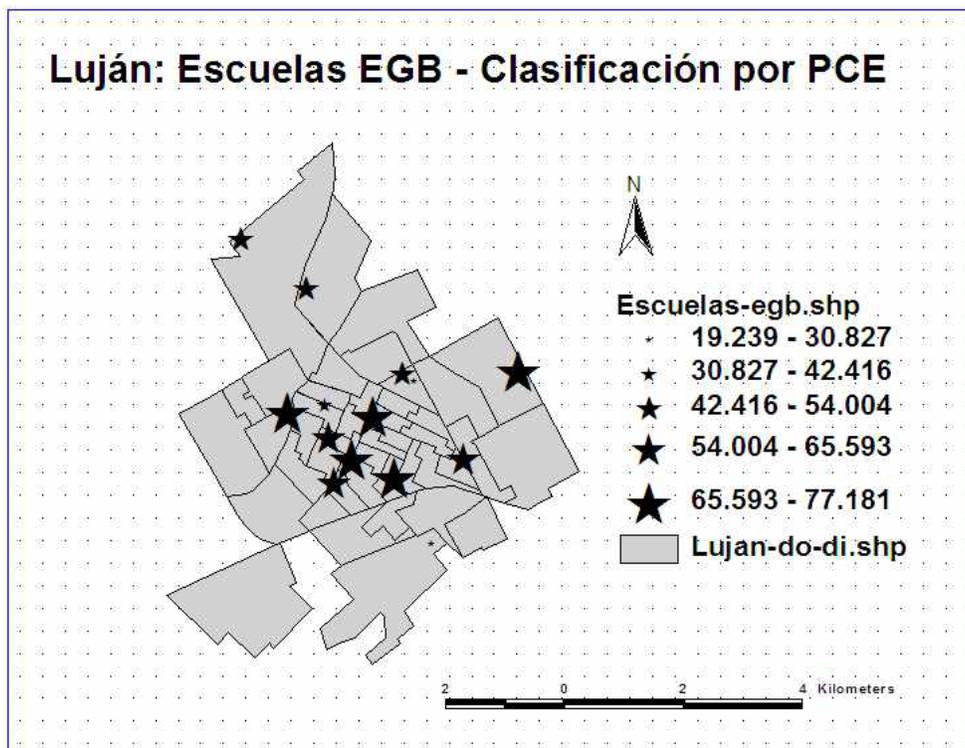


Figura 1. | Distribución espacial de los puntajes de clasificación espacial (PCE).

Como es de destacar en cuanto a la distribución espacial de los resultados las más altas favorabilidades y las más bajas prioridades se producen en la zona central de la ciudad, disminuyendo los valores drásticamente hacia la periferia urbana. Esta dimensión brindaría una alta correlación con el modelo de mapa social, como lo hemos analizado en otro trabajo en relación a la ubicación de escuelas de nivel polimodal (Buzai y Baxendale, 2004).

5. CONSIDERACIONES FINALES

El presente trabajo ha presentado aspectos teóricos, metodológicos y técnicos para la aplicación de procedimientos de clasificación espacial mediante la utilización de indicadores de planificación.

Los procedimientos técnicos realizados para el caso de aplicación específico llegan a la conformación de un modelo espacial que presenta la diferenciación de entidades gráficas de naturaleza puntual como herramienta de utilidad para la planificación territorial al poder interpretarse el resultado en cuanto a situaciones de prioridad en la intervención.

El procedimiento clasificatorio, como una metodología básica de la actividad científica en general, demuestra una importante capacidad al ser aplicado en entidades / atributos de naturaleza espacial, y la aplicación de las actuales tecnologías de los SIG + SADE permiten avanzar notablemente en la obtención de clasificaciones con gran flexibilidad y la posibilidad de que los modelos obtenidos puedan acompañar la real dinámica de las problemáticas estudiadas.

De esta manera, las diferenciaciones encontradas en el espacio geográfico no sólo resultan ser base de descripciones, sino que principalmente se convierten en una herramienta para apoyar decisiones que tiendan a la obtención de una mayor justicia espacial. El actual *análisis espacial cuantitativo* avanza decididamente en esta línea.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BOSQUE SENDRA, J.; MORENO JIMÉNEZ, A. (Eds.). 2004. *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-Ma. Madrid.
- BUZAI, G.D.; BAXENDALE, C.A. 2004. Distribución espacial socio-educativa y localización de escuelas polimodales en la ciudad de Luján. Una aproximación exploratoria bivariada. *Huellas*. 9:13-35.
- BUZAI, G.D.; BAXENDALE, C.A. 2006. *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica*. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- BUZAI, G.D.; BAXENDALE, C.A. 2008. Clasificación de unidades espaciales mediante indicadores de planificación. Teoría, método y aplicación. *Anuario de la División Geografía 2007-2008*. Universidad Nacional de Luján. Luján. pp. 271-297.
- DEMERS, M.N. 2004. *GIS modeling in raster*. John Wiley & Sons. New York.
- DENSHAM, P.J. 1991. Spatial Decision Support Systems. En: MAGUIRE, D.J.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D.W. (eds.): *Geographical information systems: Principles and applications*. Longman. Harlow. pp. 403-412.
- GARCÍA, R. 2006. *Sistemas complejos*. Gedisa. Barcelona.
- GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. DIRECCIÓN PROVINCIAL DE INFORMACIÓN Y PLANEAMIENTO EDUCATIVO. 2004. *Mapa Escolar*. En: <http://www.mapaescolar.ed.gba.gov.ar> [consultado 13.11.04]

- GÓMEZ DELGADO, M.; BARREDO CANO, J.I. 2006. *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Alfaomega-RaMa. México.
- HALL, B.; BOWERMAN, R. 2003. *EduPlan*. University of Waterloo. Ontario.
- MORENO JIMÉNEZ, A. 2006. En torno a los conceptos de equidad, justicia e igualdad espacial. *Huellas*. 11:133-142.

MODELOS DE LOCALIZACIÓN-ASIGNACIÓN APLICADOS A SERVICIOS PÚBLICOS URBANOS: ANÁLISIS ESPACIAL DE ESCUELAS EGB EN LA CIUDAD DE LUJÁN¹

GUSTAVO D. BUZAI - CLAUDIA A. BAXENDALE

1. INTRODUCCIÓN

Aunque la necesidad de implementación de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el ámbito de la gestión educativa de la Argentina fue vislumbrada por el Ministerio de Cultura y Educación de la Nación hace ya diez años (Sammarchi, 1999) recién unos años más tarde estarían sentadas las bases para lograr su efectiva aplicación científica.

Inicialmente esta consideración de los SIG estaba dada en cuanto a su definición como bases de datos que contienen información espacial y, con posterioridad, la situación se modificaría avanzando hacia los desarrollos metodológicos y técnicos de la simulación digital entre la teoría y la praxis (Armstrong, 2000) del análisis socioespacial (Buzai y Baxendale, 2006).

Desde un punto de vista general, la aplicación de procedimientos de análisis geográfico orientados hacia la gestión y planificación de servicios se presenta actualmente como uno de los campos de mayor desarrollo a partir de tenerse en consideración el actual avance de los SIG en relación con los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE) para la localización de equipamientos.

Los modelos de mayor especificidad en el campo de aplicación han quedado establecidos desde un punto de vista conceptual y práctico a partir de la década de 1970 (destacamos Revelle y Swain, 1970; Austin, 1974; McAllister, 1976) siendo que a partir de la década de 1990 han comenzado lentamente a difundirse a partir de las nuevas orientaciones en el desarrollo de *software* para el apoyo a la toma de decisiones (Densham, 1991).

¹ Aceptado para publicación en *Revista Universitaria de Geografía* (Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 2008).

Esta generalización técnica ha evolucionado a la par de los aspectos socio-económicos, tanto en el aumento de la diversificación de servicios básicos a la población, como en cuanto a la aparición de un modelo postfordista en el cual tienen un papel importante las pequeñas y medianas empresas proveedoras de servicios a la industria y a otras empresas de mayor importancia.

Por lo tanto, la ubicación espacial de los servicios resulta ser fundamental en diferentes niveles, aunque en el ámbito público surge con mayor claridad a partir de ayudar a trazar algunas líneas mediante las cuales el Estado pueda aproximarse a lograr una mayor equidad en las relaciones socioespaciales de la oferta y la demanda.

De esta manera, el presente trabajo puede considerarse una etapa posterior al análisis exploratorio de datos espaciales (Buzai y Baxendale, 2004) y tiene como objetivo plantear una estandarización de los aspectos teórico-metodológicos de la localización espacial a fin de apoyar, desde la Geografía, el proceso de toma de decisiones cuando se deben instalar, reubicar o ampliar un número determinado de instalaciones de servicios públicos urbanos.

La aplicación realizada se centrará en la localización espacial de las escuelas públicas de Educación General Básica (EGB) en la ciudad de Luján. Un servicio público de externalidades positivas al cual se debe garantizar un acceso eficiente y equitativo.

2. ASPECTOS CONCEPTUALES

2.1. MODELOS DE LOCALIZACIÓN-ASIGNACIÓN

Los estudios geográficos cuentan con una amplia tradición en la generación de teorías y modelos generales para el análisis de las actividades humanas. Particularmente, en cuanto a las actividades terciarias es posible considerar como inicio la *teoría de los lugares centrales* propuesta por Walter Christaller en 1933 como modelo de localización espacial óptima de núcleos urbanos a nivel regional. En su formulación se presentan los conceptos de *umbral* y *alcance* como base de deductiva a partir de la cual pueden ser explicadas ciertas regularidades empíricas que se han presentado en la sistematización realizada por Beavon (1980).

Sobre la base de este modelo, en el cual la distancia y los costos de traslado se presentan como los principales factores que llevan a diferentes configuraciones territoriales, fue apareciendo con claridad una línea de

trabajo centrada en la actividad terciaria en cuanto a la evolución urbana como centros de servicios en escalas regionales y a partir de centros intraurbanos en las grandes ciudades, con lo cual a partir de allí surge la consideración de una *geografía del marketing*, término presentado por Berry (1971) y ampliamente analizado en sus capacidades actuales por una serie de autores (Moreno Jiménez, 1995, 2004; Bosque Sendra, 2004; Bosque Sendra y Moreno Jiménez, 2004; Salado García, 2004)

De esta manera, la teoría de la localización comienza a contemplar el problema de la localización de instalaciones de servicios y de esta manera se produce un doble objetivo en los estudios: por un lado, encontrar la localización óptima, y por el otro determinar la asignación de demanda a dichos centros. A partir de esta doble necesidad de resolución se desarrollan los modelos de *localización-asignación*.

En términos generales cabe indicar, de acuerdo a Ramírez y Bosque Sendra (2001), que los modelos de localización-asignación responden a las siguientes características: (a) son modelos matemáticos, ya que se considera a este lenguaje como apto para captar la realidad, (b) son modelos meso-espaciales, porque los aspectos a resolver se encuentran claramente delimitados en un territorio, y (c) son modelos normativos, porque se debe buscar la mejor solución a un determinado problema.

En síntesis, estos modelos intentan evaluar las localizaciones actuales de los centros de servicio en base a la distribución de la demanda y generar alternativas para lograr una distribución espacial mas eficiente y/o equitativa. Buscan las ubicaciones óptimas (localización) y determinan las mejores vinculaciones de la demanda (asignación).

En los últimos años, la aplicación de modelos de localización-asignación, si bien son operacionalizados en base al entorno de los Sistemas de Información Geográfica, han sido enmarcados en software específico que se ha denominado Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE)¹.

De acuerdo a Bosque Sendra *et al.* (2000) los SADE tienen como objetivo brindar el entorno de *hardware* y *software* necesario para facilitar al usuario la toma de decisiones sobre cuestiones espaciales. En este sentido debe facilitar la *exploración* del problema, la *generación* de variadas soluciones y la *evaluación* de las diferentes alternativas.

Densham (1991) presenta dos niveles bien diferenciados en cuanto a la aplicación de un SADE, el del usuario que toma decisiones a través de generar, evaluar y elegir alternativas de solución, y la interfase del sistema que logra una interacción multidireccional entre la base de datos y sus posibilidades de reporte numéricos y gráficos.

2.2. ORIENTACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN-ASIGNACIÓN

Desde un punto de vista general la orientación que se le brindará al modelo de localización-asignación estará influenciada por la naturaleza del servicio. Si el servicio es privado, básicamente apuntará a mejorar su *eficiencia espacial*, en cambio si es público intentará mejorar su *equidad espacial*. Ambos se refieren al mejoramiento de parámetros globales para el acceso al servicio: suma del total de desplazamientos, valores de accesibilidad o diferencias entre valores extremos.

Por otra parte, se presenta una notoria diferencia si los equipamientos a instalar son *deseables* (beneficiosos) o *no deseables* (perjudiciales). Mientras que los primeros generan básicamente externalidades positivas (escuelas, hospitales, centros culturales, etc.) los segundos generan externalidades negativas (cementeros, cárceles, basurales, etc.).

Por lo tanto, teniendo en cuenta las consideraciones previas, los SADE contemplarán diferentes posibilidades de aplicación metodológica según sea el objetivo que deba perseguir la localización de los centros de servicio.

3. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. LA BÚSQUEDA DE SITIOS CANDIDATOS Y SUS COMBINACIONES

La aplicación de modelos de localización-asignación implica tener una oferta distribuida de manera puntual, una demanda que con motivos de simplificación puede ser asignada a un centroide de cada área y una red de transporte que las vincula. Sin embargo, la aplicación de métodos que tienden a la búsqueda de nuevas localizaciones de oferta deben considerar en primera instancia la determinación de posibles *sitios candidatos*, es decir, una cantidad de puntos seleccionables con la finalidad de elegir los mejores en base al objetivo del modelo aplicado.

Existen dos posibilidades básicas para la consideración de sitios candidatos: (a) obtenerlos mediante procedimientos de superposición temática y técnicas de evaluación multicriterio (EMC) y (b) considerar cada centroide de demanda como un posible sitio para la instalación. Las técnicas EMC se han desarrollado ampliamente en Buzai y Baxendale (2006) y la utilización de centroides de áreas como sitios candidatos ha sido estudiado metodológicamente por Fotheringham *et al.* (1995) y esta situación tiene aspectos de semejanza con el problema de la unidad espacial modificable

(*MAUP*), en el sentido que la variación de áreas hará que se modifiquen los resultados.

Por lo tanto, evitando la necesidad de evaluar infinitas localizaciones, los modelos trabajan con las combinaciones de p centros en n puntos candidatos, siendo $p < n$ en donde p serán los mejores sitios obtenidos (Church y Sorensen, 1994; Lea y Simmons, 1995). Aunque se lleven a cabo las simplificaciones mencionadas, los cálculos deben ser muy grandes, por lo tanto se buscan mecanismos *heurísticos* (procedimientos de prueba y error en una aproximación continua a la mejor solución) para la obtención de resultados (Densham y Rushton, 1992); uno de los cuales se presenta en este trabajo.

La obtención de posibles soluciones en base a la aplicación de combinatorias brinda valores extremadamente elevados al cambiar los elementos n y x en la siguiente fórmula:

$$[1] \quad \frac{n!}{x!(n-x)!}$$

Por ejemplo, para un caso sencillo de localizar 2 escuelas entre 10 puntos candidatos el resultado es de 45 posibilidades, si elevamos el número de escuelas a 4 el resultado pasa a ser 210. Para el caso de la primera aplicación en Luján: la obtención de los mejores 14 sitios dentro de 43 puntos candidatos (centroides) el resultado es de 7.837 posibilidades.

El principal tratamiento heurístico utilizado para este tipo de resoluciones es el desarrollado por Teitz y Bart (Palm Rojas, 2004a, b, c), el cual básicamente cumple los siguientes pasos:

- (a) selecciona aleatoriamente una solución inicial
- (b) asigna la demanda a la solución
- (c) calcula los valores de solución de la función objetivo
- (d) sustituye aleatoriamente un sitio candidato por otro
- (e) calcula los valores de solución de la función objetivo
- (f) si el segundo valor es mejor, esta solución sustituye a la otra; si es peor se queda con la primera.
- (g) vuelve a realizar el procedimiento hasta que no encuentre un valor mejor en la solución
- (h) el algoritmo corre hasta que no puede encontrarse una mejor solución, pero como ésta quizá no sea la mejor global, generalmente el procedimiento se repite 10 veces partiendo de 10

distribuciones aleatorias. Finaliza cuando tres veces se repite una misma solución, pero si luego de los diez procedimientos nos encontramos con diez soluciones diferentes, sólo se elige la mejor, es decir, aquella que se aproxima más a la función objetivo.

Ante la abrumadora cantidad de cálculos, la estrategia heurística de aproximación a la mejor solución es teóricamente muy aceptable; una propuesta apunta también a la consideración de un intercambio múltiple de dos o tres candidatos simultáneamente, sin embargo, para la sustancial mejora en los tiempos de cálculo sigue siendo fundamental el avance en las capacidades computacionales de *hardware*.

3.2. MODELOS PARA EQUIPAMIENTOS DESEABLES (ESCUELAS PÚBLICAS)

Modelo p-mediano

Es el modelo básico de localización-asignación. Su objetivo es *minimizar* la suma de los productos de los desplazamientos poblacionales desde los puntos de demanda (centroides que agrupan la demanda dispersa) a los puntos de oferta. La función objetivo es:

$$[2] \text{ Minimizar } \{F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_i d_{ij} x_{ij}\}$$

donde, a_i es el peso asociado a cada punto de demanda, d_{ij} es la distancia entre el punto de demanda i y el punto de oferta potencial j , x_{ij} es el factor de asignación que vale 1 si el centro de oferta j es el más cercano al punto de demanda i y 0 en caso contrario, n es la cantidad total de puntos de demanda y m los potenciales puntos de oferta (considerando los existentes).

El modelo se llama *p-mediano* porque se considera que p es el número de instalaciones a ubicar. El objetivo de este modelo es encontrar el valor mínimo de la función objetivo F y con ello la mayor eficiencia espacial respecto del total de desplazamientos efectuados desde los centros de demanda hacia los p puntos de oferta.

Modelo p-mediano con restricción de distancia

Tiene similar objetivo que el anterior, pero en este caso también considerando que ninguno de las d_{ij} supere un valor determinado de

alcance (S). Se resuelve realizando una transformación previa de la matriz de las distancias, d_{ij} , de esta forma:

$$\text{Si } d_{ij} \leq S \Rightarrow d_{ij} = d_{ij}$$

$$\text{Si } d_{ij} > S \Rightarrow d_{ij} = \infty$$

De esta manera, por un lado se intenta actuar sobre el costo global de desplazamientos (eficiencia) y por el otro se intenta minimizar las distancias máximas de traslado (equidad).

Aplicando esta restricción es posible que la solución no aparezca a partir de la cantidad de puntos de oferta solicitados, en este sentido es posible que surja la necesidad de ampliarlos.

Modelo de cobertura máxima

El objetivo en este modelo es *maximizar* los valores totales de la demanda dentro de un radio de cobertura (R) prefijado para los puntos de oferta. Dentro de estas superficies deberá quedar asignada la mayor cantidad de demanda.

$$[3] \text{ Maximizar } \{F = \sum_{i \in I} a_i x_{ij}\}$$

donde I es el conjunto de puntos de demanda (indexados por i), a_i es la población en el nodo de demanda i y x_{ij} vale 1 si el punto de demanda i se encuentra dentro del área de cobertura del centro j ($d_{ij} \leq R$) y 0 en caso contrario.

Modelo de cobertura máxima con restricción de alejamiento

Tiene similar objetivo que el anterior, maximizar los valores totales de la demanda dentro de un radio de cobertura prefijado para los puntos de oferta, considerando que toda la demanda se encuentre dentro de un radio S , mayor que el alcance del bien o servicio.

No serán desarrolladas aquí las fórmulas utilizadas en la búsqueda de localizaciones óptimas para equipamientos no deseables que están

presentes en Buzai y Baxendale (2006). Conceptualmente funcionan de forma inversa a las anteriores.

3.3. MODELADO PARA EL CÁLCULO DE DISTANCIAS

En la aplicación de modelos de localización-asignación un procedimiento importante lo constituye la realización de cálculos de distancia desde los puntos de demanda y los puntos de oferta (d_{ij}), es decir, desde los centroides de áreas con demanda agrupada hacia las instalaciones existentes o hacia los puntos candidatos.

A partir de las coordenadas de cada localización en un espacio absoluto pueden ser calculadas diferentes medidas de distancia, denominadas métricas².

La distancia en línea recta o distancia euclidiana, la cual surge ante la consideración de un espacio ideal a partir del cual no existen limitaciones para transitar en cualquier sentido, se obtiene mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$[4] d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

La distancia *Manhattan* o *city block* que asume un desplazamiento a través de una grilla regular está dada por:

$$[5] d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|$$

En ambos casos, los resultados se obtienen a partir de la consideración de coordenadas absolutas sobre el espacio geográfico y mientras que para el primero es la resolución pitagórica del cálculo de la hipotenusa de un triángulo, el segundo sería la suma de las unidades de medida para ambos catetos.

Con la finalidad de generar posibilidades de cálculo más flexibles que tiendan a superar la métrica *Manhattan*, ante los problemas de subestimación provocados por localizaciones entre bloques o la aparición de barreras, o de sobreestimación a partir de la aparición de calles en diferente dirección de la cuadrícula de circulación básica (Hodgson *et al*, 1995) se ha propuesto la métrica L_p .

$$[6] d_{ij}^{\beta} = \left(|x_i - x_j|^p + |y_i - y_j|^p \right)^{\frac{\beta}{p}}$$

Aquí aparece un parámetro β que indica una modificación de los costos de desplazamientos con la distancia, y nótese que cuando $\beta = 1$ tenemos la distancia *Manhattan* con $p = 1$ y euclidiana con $p = 2$. La métrica L_p fue propuesta por Love y Morris (1972) y resulta ser una excelente alternativa de aplicación cuando no es posible la realización de cálculos sobre la red de calles y sin embargo se conoce la estructura vial urbana.

Por otro lado, cuando los cálculos de distancia se realizan con base geométrica a partir de una estructura de capas temáticas *raster*, es posible también establecer inicialmente una correspondencia con las métricas analizadas.

Conociendo el tamaño del lado del píxel, por sumatoria de píxeles es posible obtener un resultado perfecto si se mide la distancia entre dos localizaciones que se encuentran en línea recta sobre una misma fila o sobre una misma columna, esto implica que si las localizaciones no respetan esta alineación sólo habrá coincidencia perfecta en la distancia *Manhattan*. Pero si la alineación no existe y debe ser calculada una distancia en línea recta en diagonal, los resultados serán aproximados, ya que por ejemplo, la distancia entre píxeles contiguos a través de sus esquinas, en ángulo de 45° , es de 1,41 de la medida del lado de un píxel con lo cual los resultados tienden a magnificarse.

Un avance que va desde el *espacio absoluto* al *espacio relativo* se produce cuando las distancias entre dos localizaciones se calculan en otras unidades de medida (tiempo o cualquier otro tipo de costo), lo cual se basa en la realización de un *mapa de fricción* que incorpora en cada píxel un valor relativo al esfuerzo que debe ser realizado para poder atravesarlo. De esta manera, desde cada entidad puntual puede generarse una *superficie de costo* que corresponde al costo (esfuerzo) que se acumula en cada píxel del área de estudio para llegar a dicha entidad.

La presente aplicación incorpora un mapa de costo con valores 20 (distancia) en los píxeles ubicados sobre la red vial y valores 999 (impedimento total) sobre el resto. Los cálculos de distancia han sido realizados sobre este esquema.

Como software se ha utilizado Idrisi for Windows de la Clark University y Localiza del Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá de Henares.

4. APLICACIÓN

4.1. ANÁLISIS ESPACIAL DE LOS ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS DE EDUCACIÓN GENERAL BÁSICA (EGB) DE LA CIUDAD DE LUJÁN³: OPTIMIZACIÓN ESPACIAL Y UBICACIÓN DE NUEVOS ESTABLECIMIENTOS

La aplicación de modelos de localización-asignación al sector de los servicios públicos (Moreno Jiménez y Álvarez Vela, 1997; Marianov y Serra, 2002) y particularmente al caso de las instalaciones educativas y culturales (Moreno Jiménez, 1988, 1989 y 1991) demuestra una gran capacidad en la búsqueda de eficiencia y justicia espacial. La aplicación presentada se enmarca en esta línea de aplicación.

La ciudad de Luján cuenta con 14 establecimientos públicos de EGB distribuidos en diferentes radios censales, como lo muestra la Figura 1. El sistema está compuesto por estas localizaciones como "puntos de oferta", los 43 centroides de cada uno de los radios censales como "puntos de demanda" (asociados los valores totales de población de 6 a 14 años como demanda potencial) y la red vial en mapa de fricción como vínculos entre ellos.

El primer cálculo global del sistema se ha realizado en base a la relación espacial existente entre la localización espacial de las 14 escuelas EGB y la de los puntos de demanda más cercanos a cada una de las localizaciones.

A continuación (Figura 2) se presentan los resultados obtenidos como sumatoria de las distancias mínimas recorridas en metros a partir de la red vial como mapa de fricción en sistema raster (cálculo denominado *minisum*).

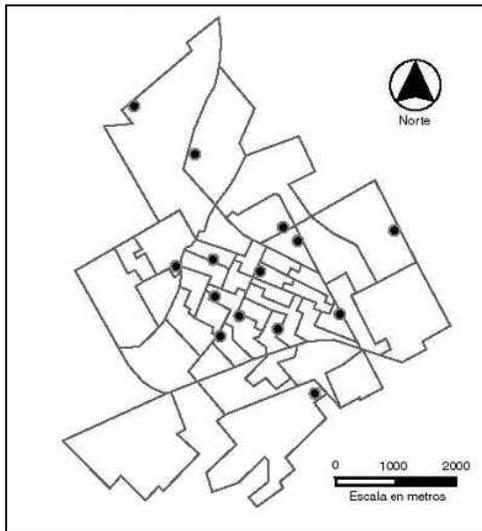


Figura 1. Ciudad de Luján. Ubicación de 14 escuelas de EGB.

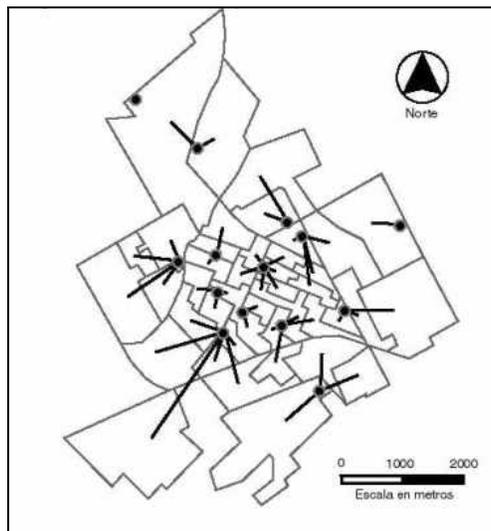


Figura 2. Ciudad de Luján. Ubicación de 14 escuelas de EGB y asignación de demanda óptima.

- *Cálculo de distancia global para 14 escuelas*

Distancia total: 6.683.205,00

Desvío estándar: 153.236,86

Distancia máxima: 2.893,03

Distancia mínima: 136,56

El segundo cálculo global muestra la población servida tomando franjas de distancias predefinidas desde los puntos de oferta en franjas de 500 metros (Figura 3).

- *Cálculo de población servida – franjas de 500 metros – para 14 escuelas*

1. 0 a 500 metros: 2.641
2. 500 a 1000 metros: 4.413
3. 1000 a 1500 metros: 1.945
4. más de 1500 metros: 441

Estos resultados presentan un mayor volumen de demanda potencial en el anillo que se encuentra entre los 500 y 1000 metros de los establecimientos educativos.

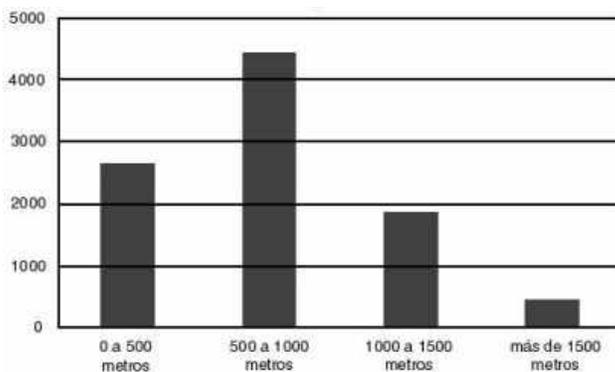


Figura 3. Población de demanda ideal cubierta por las 14 escuelas de EGB. Cálculos de cobertura sobre callejero.

El siguiente paso ha sido calcular las mejores 14 ubicaciones considerando la totalidad de sitios candidatos a partir de los 43 centroides de radios y la aplicación del método heurístico de *Teitz y Bart* (Palm Rojas, 2004b). La Figura 4 muestra la configuración espacial óptima para el total de instalaciones, la cual comparándola con la configuración inicial presenta un nivel de correspondencia del 35,71%.

Como lo muestra la Tabla 1 la correspondencia entre la configuración espacial inicial (14 escuelas EGB) y el primer resultado de localización-asignación (Solución 14) produce correspondencia en cinco radios censales urbanos: 1.2, 1.11, 3.2, 5.5 y 6.3.

El mapa presenta la asignación de los centroides de demanda más cercanos a cada una de las instalaciones definidas como mapa de araña⁴.

Tabla 1. Radios censales seleccionados en las soluciones

Orden	U.E.	14 escuelas EGB	Solución 14	Solución 16
1	1.1	-	-	-
2	1.2	1	1	1
3	1.3	-	-	-
4	1.4	-	-	-
5	1.5	-	2	-
6	1.6	-	-	-
7	1.7	-	-	-
8	1.8	-	-	-
9	1.9	-	-	-
10	1.10	-	-	-
11	1.11	2	3	2
12	1.12	-	-	-
13	1.13	3	-	3
14	1.14	4	-	4
15	1.15	-	4	-
16	3.1	5	-	5
17	3.2	6	5	6
18	5.1	-	6	-
19	5.2	7	-	7
20	5.3	8	-	8
21	5.4	-	7	-
22	5.5	9	8	9
23	5.6	-	9	-

24	5.7	10	-	10
25	6.1	-	-	-
26	6.2	-	-	-
27	6.3	11	10	11
28	6.4	-	11	-
29	6.5	-	-	-
30	6.17	-	-	-
31	7.1	-	-	12
32	7.2	-	-	-
33	7.3	-	12	-
34	7.4	12	-	13
35	7.5	13	-	14
36	7.6	-	-	-
37	7.7	14	-	15
38	7.8	-	13	-
39	7.9	-	-	-
40	7.10	-	-	-
41	7.11	-	-	-
42	7.12	-	-	-
43	7.13	-	14	16

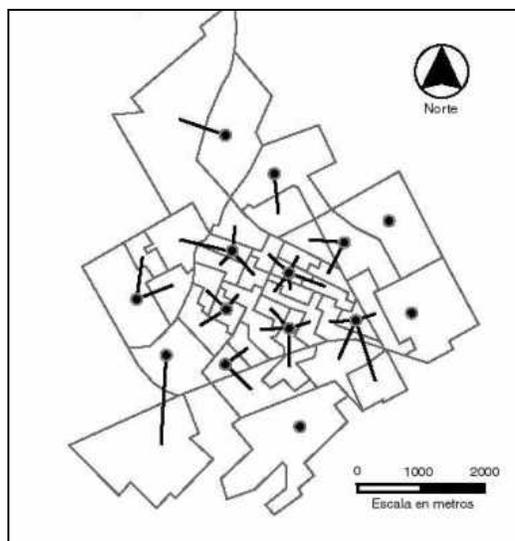


Figura 4. Ciudad de Luján.
Ubicación de 14 escuelas de EGB
según localización óptima.

A partir de esta solución se pueden calcular nuevamente los valores globales para el conjunto del sistema a partir de la localización-asignación

- *Cálculo de distancia global para 14 solución 1*

Distancia total: 3.439.151,25
 Desvío estándar: 81.909,62
 Distancia máxima: 1.974,80
 Distancia mínima: 0,00

Como puede verse, los datos globales se modifican sustancialmente a partir de la nueva configuración, disminuyendo en casi un 50% tanto los valores de distancia total como los de desvíos estándar, es decir, que la re-localización de 9 puntos de oferta haría mejorar sustancialmente la eficiencia y también la equidad espacial del sistema.

Al mismo tiempo, los valores correspondientes a la población servida en franjas de distancia adquieren también una configuración más eficiente y equitativa, ya que de acuerdo a los datos que siguen, queda claro que los mayores volúmenes de demanda potencial han quedado ubicados más cercanos a los establecimientos y las desigualdades entre las distancias a recorrer son menores (desvíos estándar).

- *Cálculo de población servida – franjas de 500 metros – para 14 escuelas, solución 1*

1. 0 a 500 metros: 5.671
 2. 500 a 1000 metros: 3.208
 3. 1000 a 1500 metros: 274
 4. más de 1500 metros: 287

Continuando con la aplicación, otro paso posible es determinar donde podrían ubicarse dos nuevos establecimientos educativos a partir de los existentes (una situación más real que la planteada anteriormente), y de que manera estas nuevas instalaciones repercuten favorablemente en los cálculos globales, los cuales se presentan a continuación (Figuras 6 y 7).

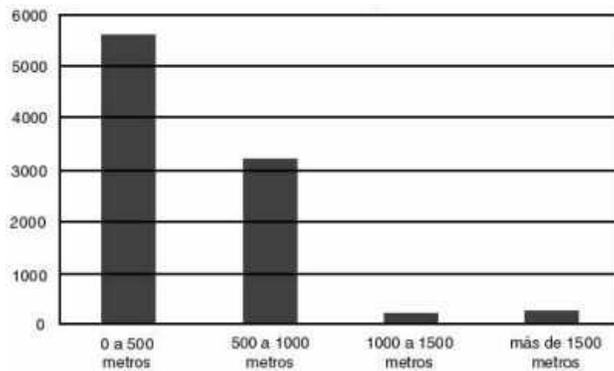


Figura 5. Población de demanda ideal cubierta por las 14 escuelas de EGB de localización óptima. Cálculos de cobertura sobre callejero.

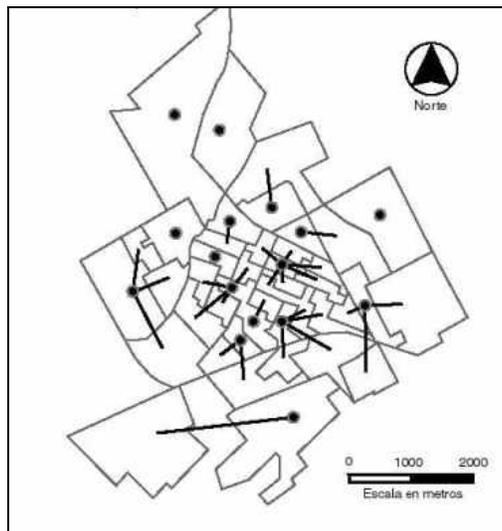


Figura 6. Ciudad de Luján. Ubicación de 16 escuelas de EGB según localización óptima.

- *Cálculo de distancia global para 16 escuelas (14 EGB + 2)*

Distancia total: 4.097.618,25

Desvío estándar: 123.215,23

Distancia máxima: 1.528,53
 Distancia mínima: 0,00

- *Cálculo de población servida – franjas de 500 metros – para 16 escuelas (14 EGB + 2)*

1. 0 a 500 metros: 5.176
2. 500 a 1000 metros: 3.380
3. 1000 a 1500 metros: 556
4. más de 1500 metros: 328

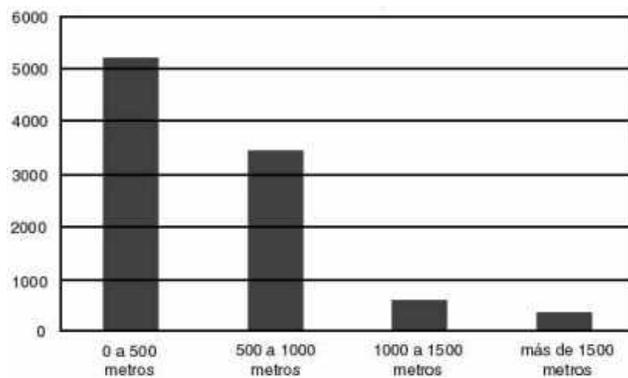


Figura 7. Población de demanda ideal cubierta por las 16 escuelas de EGB de localización óptima. Cálculos de cobertura sobre callejero.

Siempre tomando en consideración los datos calculados sobre la red, vemos que la solución obtenida a partir de incorporar dos nuevas instalaciones a los 29 puntos candidatos correspondientes a los centroides de radios censales sin establecimientos, están en un punto intermedio entre la situación real y la ideal, tanto para el valor de desplazamientos totales como para el desvío estándar.

En la Tabla 1 se presenta la ubicación espacial de las escuelas de educación general básica (14 Escuelas EGB), la determinación de las 14 ubicaciones ideales (Solución 14) y la determinación de las localizaciones óptimas para 2 nuevas instalaciones que tienen por finalidad ampliar la oferta existente (Solución 16).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la función objetivo queda claro que una duplicación en la mejora de los niveles de eficiencia y equidad

espacial sería posible de ser lograda a partir de la reubicación de 9 instalaciones, situación muy poco probable, por lo tanto la apertura de nuevos establecimientos como ampliación del servicio existente debería considerar un camino hacia los valores ideales, y en este sentido se ha comprobado que la incorporación de 2 nuevas escuelas EGB tiende a llevar los valores de la función objetivo hacia una posición intermedia. Por lo tanto, si bien resulta extremadamente difícil lograr el ideal, las sucesivas aperturas de puntos de oferta deben tender a aproximarse a los mejores valores.

5. CONSIDERACIONES FINALES

En el presente trabajo ha quedado ejemplificada la aptitud que los modelos de localización-asignación brindan a la tarea de investigación en análisis espacial al momento de plantear soluciones locacionales en la búsqueda de eficiencia y equidad espacial de los servicios públicos urbanos, en este caso la aplicación correspondiente a la distribución espacial de escuelas públicas EGB en la ciudad de Luján.

Asimismo la obtención de soluciones que comienzan a ingresar en el proceso de verticalización (Eastman, 2007) a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE) brindan importantes posibilidades para el correcto apoyo a la toma de decisión en materia locacional.

Las preguntas que se responden son las siguientes: ¿cuál es el grado de correspondencia entre la ubicación real de los puntos de oferta y la ubicación ideal que tendrán en base a la distribución espacial de la población de demanda? ¿De qué manera se modifica la eficiencia espacial y la equidad espacial de acuerdo a la reubicación de estos puntos? y finalmente, ¿dónde deberían ser ubicadas nuevas instalaciones para satisfacer con mayor capacidad la demanda distribuida?

Con la obtención de resultados concretos que permiten responder a estas preguntas se observa que las pautas teórico-metodológicas desarrolladas actualmente en el interior de las tecnologías SIG+SADE permiten una aproximación válida a la solución de problemas de localización compleja.

Consideramos que el análisis espacial automatizado contribuye a apoyar con bases teórico-metodológicas geográficas los procesos de toma de decisión en materia de planificación urbana y, de esta manera, permite encarar acciones que tiendan a lograr disminuir las desigualdades socio-espaciales de la población.

6. NOTAS

(1) Los Sistemas de Ayuda a la Decisión (DSS, *Decision Support Systems*) han tenido un desarrollo inicial en las ciencias económicas y empresariales en las décadas de 1950 y 1960 para difundirse ampliamente durante las dos décadas siguientes. Asimismo, el concepto de Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SDSS, *Spatial Decision Support Systems*) ha evolucionado de forma conjunta, siendo el sistema *Geodata Analysis and Display Systems* (GADS) desarrollado por IBM en la década de 1970 el inicial, aunque a partir de la segunda mitad de la década de 1980 han comenzado a difundirse como herramientas para la ampliación de la capacidad de la tecnología SIG. Aspectos en esta línea han sido desarrollados por Malczewski (1997).

(2) Una métrica, en cuanto función matemática que permite calcular la distancia entre puntos, según ha quedado expresado en Bosque Sendra (1992), debe cumplir una serie de condiciones: Positividad ($d_{ij} \geq 0$), Identidad, si $d_{ij} = 0$ entonces ambos puntos se ubican en el mismo lugar del espacio, Simetría ($d_{ij} = d_{ji}$) y Desigualdad Triangular ($d_{ij} \leq d_{ik} + d_{kj}$)

(3) Las capas temáticas para la realización de la aplicación corresponden a: (a) 43 radios censales de la ciudad de Luján, (b) 43 centroides de radios censales como puntos de demanda y sitios candidatos para la localización de la oferta, (c) 14 escuelas públicas EGB como puntos de oferta y (d) red vial como mapa de fricción. Los datos numéricos contemplados son: (e) población de 6 a 14 años por radio censal como valor de demanda potencial. Datos poblacionales del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2001 y datos escolares de la Dirección de Información y Planeamiento Educativo 2004.

(4) A este tipo de representación cartográfica también se la llama mapa de deseo (*desire map*) al tener en cuenta que la aplicación y el desplazamiento se orienta a la obtención de bienes deseados.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ARMSTRONG, M. P. 2000. Geography and computational science. *Annals of the Association of American Geographers*. 90(1):146-159.
- AUSTIN, C. M. 1974. The evaluation of urban public facility location: An alternative to benefit-cost analysis. *Geographical Analysis*. 6(2):135-145.
- BEAVON, K. 1980. *Geografía de las actividades terciarias. Una reinterpretación de la teoría de los lugares centrales*. Oikos-tau. Barcelona.
- BERRY, B.J.L. 1971. *Geografía de los centros de mercado y distribución al por menor*. Vicens-Vives. Barcelona.
- BOSQUE SENDRA, J. 1992. *Sistemas de información geográfica*. Rialp. Madrid.

- BOSQUE SENDRA, J. 2004. El uso de SIG para localizar equipamientos e instalaciones. En: Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (coord.) *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-ma. Madrid. pp. 103-120.
- BOSQUE SENDRA, J.; GÓMEZ DELGADO, M.; MORENO JIMÉNEZ, A.; DAL POZZO, F. 2000. Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos. *Estudios Geográficos*. LXI(241):567-598.
- BOSQUE SENDRA, J.; MORENO JIMÉNEZ, A. 2004. La localización óptima como problema: cuestiones teóricas y metodológicas. En: Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (coord.) *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-Ma. Madrid. pp. 3-16.
- BUZAI, G.D.; BAXENDALE, C.A. 2004. Distribución espacial socio-educativa y localización de escuelas polimodales en la ciudad de Luján. Una aproximación exploratoria bivariada" *Huellas*. 9:13-35.
- BUZAI, G.D.; BAXENDALE, C.A. 2006. *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- CHURCH, R.L.; SORENSEN, P. 1994. *Integrating normative location models into GIS: Problems and prospects with the p-median models*. Technical Report 94-5. NCGIA. Santa Barbara.
- DENSHAM, P.J. 1991. Spatial decision support systems. En: Maguire, D.J.; Goodchild, M.S.; Rhind, D. (eds.) *Geographical information systems: Principles and applications*. Logman. London. pp. 403-412.
- DENSHAM, P.J.; RUSHTON, G. 1992. Strategies for solving large location-allocation problems by heuristic methods. *Environment and Planning A*. 24:289-304.
- EASTMAN, J.R. 2007. La verticalización del SIG. En: Buzai, G. (comp.) *Memorias de la XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Universidad Nacional de Luján. Luján. pp. 183-195.
- FOTHERINGHAM, A.S.; DENSHAM, P.J.; CURTIS, A. 1995. The zone definition problem in location-allocation modeling. *Geographical Analysis*. 27(1):60-77.
- HODGSON, J.; LEONTIEN, A.; STORRIER, G. 1995. Functional error in geographical analysis: the case of spatial separation in location-allocation. *Geographical Systems*. 2:59-82.
- LEA, A.C. Y SIMMONS, J. 1995. *Location-allocation models for retail site selection: The N Best Sites in the Toronto Region*. Research Report N°1. Centre for the Study of Commercial Activity. Ryerson Polytechnic University. Toronto.
- LOVE, R.; MORRIS, J. 1972. Modelling inter-city road distances by mathematical functions" *Operational Research Quarterly*. 23(1):61-71.
- MALCZEWSKI, J. 1997. Spatial decision support systems. *NCGIA Core Curriculum GIScience* (Unit 127). University of California. Santa Barbara. <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u127/> [Consultado: 07.01.2008]

- MARIANOV, V.; SERRA, D. 2002. Location problems in the public sector. En: Drezner, Z.; Hamacher, H.W. (eds.) *Facility location: Applications and theory*. Springer-Verlag. New York.
- MCALLISTER, D.M. 1976. Equity and efficiency in public facility location. *Geographical Analysis*. VIII(1):47-63.
- MORENO JIMÉNEZ, A. 1988. Una metodología de planificación de equipamientos educativos en el medio rural. Aplicación al noreste de la Comunidad de Madrid. *Ciudad y Territorio*. 75(1):119-129.
- MORENO JIMÉNEZ, A. 1989. Organización espacial del sistema de centros públicos de enseñanza general básica en el sureste de Madrid. Un análisis comparativo de modelos de localización-asignación. *Revista de Educación*. 290:407-442.
- MORENO JIMÉNEZ, A. 1991. Los centros culturales en Madrid: un análisis geográfico de la provisión y el uso. *Estudios Geográficos*. 205:697-730.
- MORENO JIMÉNEZ, A. 1995. Planificación y gestión de servicios a la población desde la perspectiva territorial: algunas propuestas metodológicas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. (20):115-134.
- MORENO JIMÉNEZ, A. 2004. Modelos de localización óptima de instalaciones y equipamientos. En: Bosque Sendra, J.; Moreno Jiménez, A. (coord.) *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-Ma. Madrid. pp. 53-101.
- MORENO JIMÉNEZ, A.; ÁLVAREZ VELA, C. 1997. Análisis y evaluación de servicios públicos locales desde la perspectiva geográfica. Un estudio de caso. *Gestión y Análisis de Políticas Públicas*. 10:99-113.
- PALM ROJAS, F.J. 2004a. La estructura general del programa LOCALIZA. En: Bosque Sendra, J.; Moreno Jiménez, A. (coord.) *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-ma. Madrid. pp. 123-151.
- PALM ROJAS, F.J. 2004b. Aspectos del desarrollo de LOCALIZA. En: Bosque Sendra, J.; Moreno Jiménez, A. (coord.) *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-ma. Madrid. pp. 153-172.
- PALM ROJAS, F.J. 2004c. LOCALIZA: Un sistema de ayuda a la decisión espacial aplicado a la localización de instalaciones. En: Buzai, G.D. (comp.) *Memorias del Primer Seminario Argentino de Geografía Cuantitativa*. CD-ROM. Planetario de la Ciudad de Buenos Aires. Buenos Aires.
- PEETERS, D.; THOMAS, I. 1997. Distance-Lp et localizations optimales. Simulations sur un semis aleatoire de points. *Cahiers Scientifiques du Transports*. 31:55-70.
- RAMÍREZ, L.; BOSQUE SENDRA, J. 2001. Localización de hospitales: analogías y diferencias del uso del modelo p-mediano en SIG raster y vectorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. 21:53-79.
- REVELLE, C.; SWAIN, R. 1970. Central facility location. *Geographical Analysis*. II(1)30-42.
- SALADO GARCÍA, M. J. 2004. Localización de los equipamientos colectivos, accesibilidad y bienestar social. En: Bosque Sendra, J.; Moreno Jiménez, A.

(coord.) *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-Ma. Madrid. pp. 17-51.

SAMMARCHI, M. 1999. SIG para la gestión educativa en Argentina. *GeoConvergencia*. 1(2):25-29.

SANAEI NEJAD, S.H.; FARAJI SABOKBAR, H.A. 2004. Using location-allocation models for regional planning in GIS environment. *GIS Development*. En: <http://www.gisdevelopment.net> [Consultado: 07.01.2008]

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE EQUIPAMIENTOS CON FLOWMAP

ANTONIO MORENO JIMÉNEZ

1. INTRODUCCIÓN

La preocupación por determinar la localización más acertada para alguna actividad o uso del suelo resulta de un inequívoco interés aplicado en las labores de planificación sectorial, territorial y urbana y ha entrado en la agenda de los investigadores desde hace tiempo, los cuales están desarrollando sofisticados y poderosos métodos para abordar muchos problemas reales.

Una de las vías de investigación al respecto es la que se centra en la formulación y resolución de los llamados modelos de localización óptima, (Daskin, 1995; Bosque y Moreno, 2004; Buzai y Baxendale, 2006; De Smith, Goodchild y Longley, 2006), que están avistando la emersión de los llamados sistemas de apoyo a las decisiones espaciales, SADE (vid. Batty y Densham, 1996; Bosque et al. 2000). En el campo de los servicios colectivos, tales modelos son útiles cuando se suscita la necesidad de implantar una red de centros "ex novo", ampliar la red de equipamientos existentes, trasladar algunos, cerrar otros, etc. Así mismo, son de notable interés para comparar esquemas de dotación actual o futura con los óptimos definidos a partir de ciertos criterios y poder valorar así las diferencias que les separan.

Pese a las indudables potencialidades aplicadas de este tipo de herramientas no suelen estar incluidas dentro del conjunto de funciones estándar que ofrecen los SIG comerciales más difundidos. Varias causas probablemente han influido en ello: la complejidad de estas técnicas, la limitación de su mercado comercial hasta ahora, la multiplicidad de modelos (que suelen requerir esfuerzos de programación informática adicionales), etc.

En sus orígenes el software usado para abordar estos problemas provino de dos cauces:

EPÍLOGO

GUSTAVO D. BUZAI Y ANTONIO MORENO JIMÉNEZ

Como se señaló al principio de esta obra, avanzar por el camino del desarrollo territorial constituye una prioridad de todas las sociedades, pero es bien sabido cuántas dificultades entraña. La multiplicidad de facetas que se incluyen en ese concepto, los azares de los mecanismos de formación y toma de decisiones colectivas – tan dispares entre países y regiones –, así como de su ulterior puesta en práctica, conducen a que los resultados y el ritmo de progreso aparezcan como insatisfactorios, especialmente en las sociedades menos desarrolladas. Pero ¿sería posible obtener más eficazmente logros en esa senda mediante otras bases de actuación? En caso de respuesta afirmativa, ¿qué condiciones serían necesarias para una superior efectividad en la acción pública?

La respuesta a tales interrogantes no parece fácil pues la evaluación de los procesos de decisión pública requiere un esfuerzo notable y un compromiso sostenido de acometer una “investigación de la acción” propia, a realizar periódicamente en cada lugar y organización, y esto solo incipientemente se está implantando en algunos países e instituciones. Ello no impide que desde el ámbito académico y profesional se planteen, como es nuestra intención aquí, consideraciones acerca de algunas condiciones o rasgos de los procesos colectivos de toma de decisiones espaciales, especialmente en lo concerniente al papel de los SIG y de los equipamientos para la población.

Parece conveniente, de entrada, explicitar la premisa de que reducir la brecha del desarrollo implica, entre otras cosas, adoptar y adaptar aquellas innovaciones que han evidenciado garantías de éxito en otros lugares. Al respecto, resulta ya bastante obvio que, en su evolución, los países más desarrollados están situándose en un estadio definible como “sociedad de la información geográfica”, caracterizado por una elevada presencia de avanzadas tecnologías de la geoinformación, abundancia de geodatos y de recursos humanos altamente cualificados, así como por la existencia de organizaciones capaces de combinar esos elementos para alcanzar cotas superiores de eficiencia, efectividad y competitividad, generando así nuevas utilidades para la sociedad.

A) Si rememoramos retrospectivamente la **difusión de las geotecnologías** en América Latina, podemos destacar que, desde inicios de la década del ochenta, han sido dos los países que generaron las primeras líneas de avance en la adopción de tales tecnologías: Brasil, a través del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de Sao José dos Campos, y Colombia, a través del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" de Bogotá, vinculado por convenios institucionales con el International Training Center (ITC) de Enschede, Holanda.

En el año 1987 se realizó en San José de Costa Rica la *I Conferencia Latinoamericana de Informática en Geografía*, auspiciada por la Unión Geográfica Internacional (IGU) y es a partir de allí cuando podría considerarse que comienza la fase de expansión de los SIG en el subcontinente.

Particularmente en el caso de la Argentina, fue a partir de esa reunión internacional cuando tres universidades nacionales (Buenos Aires, Cuyo y Tucumán) reciben las primeras donaciones provenientes de *The Ohio State University* con su sistema raster OSU-MAP-for-the-PC y de *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) con su sistema vectorial PC-ArcInfo.

En aquel momento, es decir hace 13 años, las aplicaciones eran principalmente académicas, realizándose en el marco de proyectos, bien de investigación universitaria, bien de gestión catastral en el ámbito de los gobiernos municipales. En ambos casos el hilo conductor del uso de los SIG estuvo dado por su capacidad de inventario, es decir, según el modo tradicional de una base de datos computacional que contiene información espacial (Cebrián, 1988).

En la década siguiente se experimentaron avances notables en la diseminación de la tecnología SIG en diferentes ámbitos interesados por el ordenamiento territorial. Esto sucedió merced a dos factores: (a) la difusión masiva de computadoras PC cada vez con mayor capacidad y *software* SIG accesible, y (b) la ampliación en diferentes ámbitos de una conciencia que valoriza cada vez más a la dimensión espacial, como proveedora de visiones más completas para la gestión y planificación. Esto último, vinculado estrechamente al desarrollo tecnológico, representa un claro ejemplo de en qué medida el concepto de inteligencia espacial, incorporado por Gardner (1995) en la *Teoría de las inteligencias múltiples*, va ocupando un lugar destacado en la cultura de los decisores y expertos.

En el caso de Argentina particularmente, las aplicaciones SIG avanzaron conjuntamente a lo largo de tres generaciones de usuarios bien definidas

(Buzai, 2002). La primera (1987-1991) y la segunda generación (1991-1994) tuvieron, en líneas generales, prácticas muy restrictivas, casi monopolistas, tanto respecto de la utilización del *software*, como en el control de la información detentada, mientras que la tercera generación (1994-2001) dispuso de un entorno de mayor flexibilidad, que propició una mayor colaboración.

En la actualidad podríamos reconocer dos niveles básicos en cuanto al uso e implantación de las tecnologías de la información geográfica: (a) las relaciones formales a nivel institucional, y (b) las relaciones informales o semi-formales a nivel técnico.

Las relaciones institucionales se producen desde arriba hacia abajo (con un claro verticalismo decisonal) y desde afuera hacia adentro (donde el accionar del gobierno nacional genera las directrices que luego impactan a nivel institucional). Tales esquemas han adolecido en no pocos países de deficiencias y estrangulamientos en los flujos, lo cual ha impedido y retrasado un aprovechamiento amplio de las tecnologías de la información geográfica en la gestión y planificación pública.

A pesar de que, en líneas generales, se reconoce ampliamente la necesidad de actuar sobre la dimensión espacial, como un ámbito fundamental del desarrollo, y de que las empresas privadas han avanzado incorporando sistemas de gestión apropiados para sus objetivos específicos, el ámbito de la gestión pública aparece aún rezagado.

En síntesis, aunque la trascendencia de la dimensión espacial está siendo cada vez más reconocida, las organizaciones públicas no siempre impulsan o adoptan las iniciativas para su máximo aprovechamiento, lo cual dificulta que la tecnología SIG pueda ayudar a construir una sociedad con más eficiencia y justicia socioespacial.

B) En otro orden de cosas, y como se ha podido comprobar en esta obra, las geotecnologías evidencian notorias posibilidades para realizar diagnósticos y prescripciones sobre ciertos aspectos intrínsecos del proceso de desarrollo (v. gr. sobre servicios colectivos para la población). En sí mismo, tal saber constituye un stock y un atributo de los recursos humanos integrados en las organizaciones, que resulta un insumo crítico para actuar más certera e inteligentemente en pro del progreso. Por tal motivo una segunda línea de reflexiones relevantes estriba en la **calificación de los expertos**, los cuales han de actuar como consultores y asesores ayudando a formar las decisiones más atinadas. La capacitación de recursos humanos ha sido considerado uno de los ejes fundamentales para evaluar el avance

experimentado por los países de América Latina en el campo de las tecnologías de la información geográfica. Mientras inicialmente Brasil y Colombia han tenido los primeros programas de capacitación formal en el nivel de postgrado (especialización, maestría y doctorado), en estos últimos años muchos países los han implementado. Inclusive la Universidad San Francisco de Quito (Ecuador) es una de las sedes que ofrece en idioma español la Maestría Internacional en Sistemas de Información Geográfica de UNIGIS (www.unigis.org). En Argentina la aparición de títulos de postgrado arranca desde el año 2004, cuando se ponen en marcha la Especialización en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica aplicados al Estudio del Medio Ambiente en la Universidad Nacional de Luján (www.unlu.edu.ar) y la Maestría en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (www.unicen.edu.ar). La formalización de estos estudios de postgrado ha ido acompañada de otra serie de logros, como la consolidación de los contenidos sobre SIG en asignaturas de carreras de grado (principalmente de Geografía y Medio Ambiente), la aparición de títulos intermedios como tecnicaturas en SIG (por ejemplo en la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, y en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil). Las complicaciones que sufren crónicamente las economías domésticas latinoamericanas y las vicisitudes de los tipos cambiarios de las divisas (por ejemplo, el grave momento del cambio de paridad entre el peso argentino y el dólar estadounidense en 2001) han perturbado no poco las posibilidades de actualización de *hardware* y *software*, a lo que se suele añadir la escasez de planes institucionales a medio plazo para financiar esas inversiones innovadoras.

Pese a que no exista una actualización sistemática en universidades y organismos públicos de gestión y planificación, podríamos decir, en líneas generales, que a través de diversas vías se está haciendo posible contar con equipamientos y *software* similares a los utilizados en el primer mundo, sin embargo, la capacitación de personal ofrece un panorama muy diferente. La pregunta directa sería ¿poseen los profesionales de la planificación territorial la formación y conocimientos óptimos para ejercer su función de manera excelente? O dicho de otra manera, ¿están versados en los métodos, técnicas, tecnologías y hacen uso de todos los datos disponibles para garantizar el mejor asesoramiento en las decisiones espaciales sobre equipamientos colectivos? La permanente innovación que las investigaciones generan hace razonable pensar que la respuesta no

pueda ser taxativamente afirmativa, por lo que parece necesario fomentar la difusión de los resultados de las indagaciones académicas, "capilarizándolos" entre los profesionales de la consultoría y de la gestión territorial de servicios colectivos. Es en esa dirección hacia donde los esfuerzos de los equipos de investigación participantes en esta obra han pretendido avanzar con los resultados aquí recogidos, proporcionando bases doctrinales, metodológico-técnicas y experiencias ilustrativas sobre las que actualizar su bagaje cognoscitivo y poder generar productos (i. e. informes, diagnósticos, planes) de manera más competente y de calidad superior.

C) Si el nivel de desarrollo de un país puede ser pensado en términos del concepto de "fricción" y expresado en sus sistemas estructurantes y en los diversos tipos de flujos que soportan, cabría preguntarse en cuántos países latinoamericanos se alcanzarían parámetros aceptables bajo ese punto de vista. Un análisis inicial en cuanto a la **circulación de información geográfica** dentro de una institución gubernamental, que sistematiza y revela deficiencias fácilmente extrapolables a otros muchos ámbitos, lo constituye el reciente estudio de Sedevich (2008) realizado en un municipio argentino.

Pese a las premonitorias palabras de algunos especialistas hace ya más de veinte años (vid. Openshaw y Goddard, 1987), vislumbrando con clarividencia la trascendencia social, económica y política y las indiscutibles ventajas de la diseminación de la información geográfica, hasta hace poco tiempo sólo algunos países contaban con geodatos abundantes y baratos. Hace pocos años Frank (2003) comparaba la enorme distancia que separaba al "mercado" de geoinformación en los EEUU (muy dinámico), con el europeo (aún embrionario). En el corto espacio que media hasta hoy las cosas están tomando un rumbo muy distinto. Parece haber sido la irrupción de portales de Internet privados, suministrando mapas e imágenes terrestres de manera libre, quien ha catalizado la difusión más abierta de los productos cartográficos generados por los organismos públicos. Ello es patente en las iniciativas que en la Unión Europea se han emprendido, no solo por instituciones comunitarias, sino también por los estados, las regiones y los municipios, sumándose a una iniciativa globalmente bien valorada. En la práctica ello se está traduciendo en un impulso notable a las infraestructuras de datos espaciales (IDE), que están situando a los investigadores y público en general en un entorno rico en geoinformación libre y gratuita accesible por Internet¹. Ello supone unas

excelentes posibilidades de profundizar en el análisis territorial para la toma de decisiones, lo que favorece a la par su reconocimiento y relevancia ante los responsables políticos y los ciudadanos.

Existen indicios de que en el ámbito latinoamericano la calidad, idoneidad y difusión de la geoinformación generada por organismos públicos es bastante desigual. Efectivamente, en algunos países de América Latina (Brasil, México) gran cantidad de información geográfica en formato digital se encuentra disponible a partir de las instituciones generadoras (inclusive por Internet), pero en otros no existe investigación científica empírica que no deba destinar gran cantidad de tiempo a la obtención de datos, que a veces ya existen (aunque con rasgos asistemáticos y provenientes de diferentes fuentes no compatibles) y a la generación de datos faltantes. Lamentablemente esta situación produce despilfarro de recursos temporales y esfuerzos superpuestos en diferentes organismos de la administración pública.

Al respecto son varios los problemas que se vislumbran en el horizonte. En primer lugar, emerge un obstáculo conceptual relativo al derecho de uso de los productos de geoinformación obtenidos por el sector público, y por tanto financiados a través de fondos públicos. Como en diversos países y regiones se ha asumido, parece lógico aspirar a que se trasladasen sin coste alguno, al menos para el usuario final o para las investigaciones sin fin lucrativo. Ciertamente en América Latina existe una determinada cantidad de información general que se divulga por Internet y que se publica en papel, pero la geoinformación a escalas mayores, necesaria para la realización de análisis espaciales detallados, presenta inconvenientes para ser obtenida.

Algo similar puede decirse de la actualización o periodicidad – y eventualmente de la calidad – en la obtención de geodatos que no está a la altura de las necesidades propias de la sociedad del conocimiento. Así, algunas obras universitarias sobre diferencias socio-espaciales y calidad de vida que han sido bien valoradas en el ámbito académico, se han debido elaborar con datos algo lejanos en el tiempo, con la consiguiente devaluación de su potencial para inspirar políticas (vid. Buzai, 2003; Morina *et al.*, 2008).

La difusión de información estadística en formato digital y como base de datos relacional se lleva a cabo en ocasiones mediante el sistema REDATAM. Así por ejemplo, en el caso argentino, el INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) produjo y puso a la venta el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001 en un CD-ROM por un

valor aproximado a los U\$S 400.- (dólares estadounidenses) y llegó a las universidades en 2006. En él se contenía información completa hasta el nivel de radios censales, pero la cartografía digital asociada a tales unidades espaciales estaba lamentablemente ausente. Ello implicaba un serio obstáculo y frustración para el trabajo de científicos y profesionales y para el aprovechamiento óptimo del esfuerzo estadístico realizado. Conseguir los mapas digitales para vincularlos con la información alfanumérica del sistema puede resultar eventualmente una proeza. En ocasiones, cuando los trabajos de aplicación necesitan geoinformación se enfrentan a esta lacerante disyuntiva: (a) no se pueden realizar, o (b) se debe generar la información necesaria, a sabiendas de que ya existe en algún organismo. Particularmente, en el caso de las digitalizaciones de diferentes áreas de estudio, el resultado es la duplicación, triplicación, etc. de trabajo, con el consiguiente despilfarro de recursos. Como contraste resultan estimulantes las emergentes iniciativas de "voluntariado geoinformativo", que ciudadanos individuales están desarrollando y mediante las que se ponen a disposición libre del orbe de Internet cantidades crecientes de geodatos (vid. Goodchild, 2007).

Actualmente diversos organismos públicos en Latinoamérica se están preocupando por poner información *on-line*, apoyando una tendencia en la cual el usuario a distancia podría hacer uso de la geoinformación para consultas específicas. Dicha tendencia es positiva, pero hasta el momento se realiza con información de bastante generalidad y adoptando la función de "inventario" que ha sido tradicional en la tecnología SIG. El avance más decisivo en esta línea se producirá cuando se hagan totalmente viables y se popularicen las funcionalidades de procesamiento y análisis espacial a distancia de geoinformación disponible en servidores de acceso libre (vid. Ruiz, 2008). La combinación de redes telemáticas eficientes, estándares abiertos de geodatos (como los del Open Geospatial Consortium, OGC) y las prestaciones ya disponibles en los SIG para acceso a servidores remotos barrunta un escenario futuro por el que se debe apostar de forma decidida en América Latina, como ya lo están haciendo los países más avanzados.

D) Por otro lado, y ahora desde el punto de vista del **software**, conviene apuntar que persiste en buena medida un cierto retraso en la inclusión de herramientas sumamente útiles para el análisis y la decisión en algunos de los SIG comerciales más conspicuos, lo que les aproximaría hacia auténticos "sistemas de apoyo a las decisiones espaciales" (SADE). Como compensación, el *software* de origen académico palia en parte esa

limitación. Las menores prestaciones en ciertos aspectos de estos programas de distribución libre quedan resarcidas por su acceso fácil y bajo o nulo coste. Ante esa tesitura, y considerando los limitados recursos de los países menos favorecidos, la directriz presente pasa por fomentar la difusión y entrenamiento en productos como los manejados y expuestos en varios capítulos de esta obra. Según hemos mostrado aquí, sus características les hacen particularmente idóneos para acometer una serie de tareas analíticas de forma muy eficaz y con costes prácticamente nulos.

E) Finalmente, y refiriéndonos a los aspectos del desarrollo territorial que atañen a los servicios colectivos, cabe añadir algunas cuestiones concretas. Asumiendo, como se argumentó en el capítulo 1, que dichos servicios son un componente esencial del desarrollo territorial, no solo como coadyuvante, sino también como resultante, una primera reflexión a plantear estriba en qué grado los mecanismos de formación y toma de decisiones practicados en los diferentes contextos geográficos y organizaciones, garantizan una implicación de los "stakeholders" (o interés habientes) que responda a los principios de participación efectiva y corresponsabilidad. Puede hipotetizarse que una respuesta negativa probablemente se derivaría de una representación nula o inadecuada de algunos agentes o grupos relevantes, e. g. los ciudadanos que disfrutarán o sufrirán las consecuencias de las decisiones sobre la organización espacial de dichos equipamientos. Algunas indagaciones incipientes publicadas sobre las preferencias de ubicación de algunos equipamientos por parte de ciudadanos han dejado entrever que afloran tendencias opináticas de cierta consistencia. Al respecto cabría entonces preguntarse, ¿por qué no articular formalmente la expresión de tales preferencias de los destinatarios de los equipamientos acerca de la ubicación de los mismos? ¿qué fórmulas de participación de éstos en el proceso de formación de decisiones territoriales resultaría eficaz para que tales intereses y preferencias fuesen tenidas en cuenta? Parece plausible sostener que, aparte de las ventajas para informar mejor dichas decisiones, tendría otras virtualidades como la de controlar mejor el papel de otros participantes (políticos, técnicos, etc.), imponiéndoles una exigencia de fundamentación y justificación más sólida de sus propuestas. En resumidas cuentas, parece presumible que esa participación conllevaría un afloramiento más diáfano de los intereses y demandas a conciliar, junto a una mayor legitimidad y un superior tino en las decisiones, aunque ello entrañase armar un proceso algo más complejo y con más agentes participantes. Ello, como es bien sabido, ya es una

realidad en las fórmulas de planeamiento territorial de más raigambre y tradición, que merecería ser profundizada y extendida a otros instrumentos de planeamiento sectorial. Pero ¿existe determinación política para incorporar el conocimiento riguroso de los expertos y para establecer fórmulas efectivas de participación ciudadana en la toma de decisiones sobre equipamientos? Afrontar tales retos resulta ineludible para propiciar una superior cohesión social y una mayor implicación de los ciudadanos en la conformación de estructuras socio-espaciales más equilibradas, eficientes y justas.

Este conjunto de reflexiones del epílogo, que *per se* trascienden al contenido concreto de la obra, sirven de telón de fondo para contextualizar las aportaciones aquí realizadas. Como fruto de una iniciativa de cooperación para el desarrollo, se espera que la difusión, también libre, de este libro coadyuve a visualizar mejor las posibilidades que el conocimiento científico brinda para el diagnóstico y planificación de equipamientos, en coherencia con los principios que actualmente dan sentido cabal al concepto de desarrollo territorial.

Notas

(1) Respecto al caso español véanse las contribuciones realizadas en la sección de Jornadas Técnicas del XIII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica (Hernández Calvento y Parreño Castellano, 2008). Merece destacarse que el Instituto Geográfico Nacional de España ha aprobado en 2008 el acceso libre y gratuito para usos no comerciales de la totalidad de productos digitales que genera.

Bibliografía

- BUZAI, G.D. 2002. Sistemas de información geográfica en la Argentina (1987-2001). Comentarios desde una perspectiva de investigación y docencia. *Fronteras*. 1:13-14.
- BUZAI, G. D. 2003. *Mapas sociales urbanos*. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- CEBRIÁN, J.A. 1988. Sistemas de información geográfica. En: Autores varios. *Aplicaciones de la Informática a la Geografía y las Ciencias Sociales*. Síntesis. Madrid. pp. 125-139.
- FRANK, A. U. 2003. El mercado europeo de información geográfica sólo puede emerger cuando sea definido el papel de los organismos nacionales de cartografía. *GeoFocus (Editorial)*. 3: 1-4.

- GARDNER, H. 1995. *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*. Fondo de Cultura Económica. México.
- GOODCHILD, M. F. 2007. Citizens as sensors: web 2.0 and the volunteering of geographic information. *GeoFocus (Editorial)*. 7: 8-10.
- HERNÁNDEZ CALVENTO, L.; PARREÑO CASTELLANO, J. M. (ed.) 2008. *Tecnologías de la información geográfica para el desarrollo territorial. XIII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria y Grupo de Tecnologías de la Información Geográfica (AGE). Las Palmas de Gran Canaria. CD-Rom.
- MORINA, J.O.; BAXENDALE, C.A.; BUZAI, G.D. 2008. La calidad de vida en el Gran Buenos Aires. En: Velázquez, G.A. (ed.) 2008. *Geografía y bienestar. Situación local, regional y global de la Argentina luego del Censo de 2001*. EUDEBA. Buenos Aires. pp. 367-383.
- OPENSHAW, S.; GODDARD, J. 1987. Some implications of the commodification of information and the emerging information economy for applied geographical analysis in the United Kingdom. *Environment and Planning A*. 19: 1423-1439.
- RUIZ, E. 2008. El impacto de las tecnologías de la información geográfica en la cartografía y la geografía: reflexiones sobre 20 años de los SIG. *2º Congreso Catalán de Geografía*. Barcelona.
- SEDEVICH, A. M. 2008. *Modelo de una red de registros municipales para contribuir al ordenamiento local, caso Godoy Cruz*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.

POST SCRIPTUM

Las perspectivas teórico-metodológicas que sustentan el análisis espacial cuantitativo, realizado a través de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ha brindado las bases necesarias para permitir, desde hace algunos años, una fecunda colaboración académica entre equipos de investigación geográfica de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), España, y la Universidad Nacional de Luján (UNLu), Argentina.

A partir del año 2000, en comunicaciones fluidas vía *e-mail* y el trabajo conjunto en el marco de GeoFocus - Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica (www.geo-focus.org), y a partir del año 2003 en confluencias profesionales cada dos años, dentro de las actividades de la Sociedad Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (SIBSIG), promotora de las Conferencias Iberoamericanas de Sistemas de Información Geográfica (CONFIBSIG)¹, se ha delineado una sólida línea de cooperación que ha cristalizado en la Acción Complementaria financiada por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) y las universidades antes citadas, y desarrollada durante el año 2008.

La vinculación estuvo basada en la temática de la Geografía de los Servicios, línea de análisis tradicionalmente desarrollada por el equipo de investigación de la UAM (vid. Moreno Jiménez y Escolano Utrilla, 1992 a y b) y en los avances vinculados a la aplicación metodológica de los Sistemas de Información Geográfica (Moreno Jiménez, 2001; Bosque Sendra y Moreno Jiménez, 2004). Esta experiencia acopiada por el equipo de investigación español ofreció apoyo a los proyectos de investigación de la UNLu durante el período 2005-2007 (Buzai, 2006 y 2007), en los cuales han sido aplicados procedimientos metodológicos específicos a los servicios de salud.

Con esta trayectoria acumulada y siguiendo esa línea temática, el equipo de investigación de UNLu presentó un proyecto para su realización en el período 2008-2009 (Buzai, 2008) en el cual se persiguió analizar espacialmente los servicios educativos. Durante el año 2008 se ha

procedido a desarrollar la mencionada Acción Complementaria y ésta ha permitido, a la par, realizar un avance significativo en los objetivos del proyecto, el cual está aportando una serie de resultados, algunos de los cuales se incluyen en la presente publicación.

Notas

(1) IX CONFIBSIG (Universidad de Extremadura, Cáceres, España, 23-26 de Setiembre de 2006), X CONFIBSIG (Universidad de Puerto Rico, San Juan, Puerto Rico, 6-9 de Septiembre de 2005) y XI CONFIBSIG (Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina, 29-31 de Mayo de 2007).

Bibliografía

- BOSQUE SENDRA, J.; MORENO JIMÉNEZ, A. (coord.). 2004. *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-Ma. Madrid.
- BUZAI, G. D. 2006. Análisis espacial de la salud: distribución de enfermedades y planificación a través de la situación socio-habitacional y la localización óptima de establecimientos. Aplicación a la ciudad de Luján (Argentina). *Memorias de las Primeras Jornadas de Investigación del Departamento de Ciencias Sociales (Jornasoc-2006)*. Departamento de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Luján. pp. 289-300.
- BUZAI, G. D. 2007. *Geografía de la salud en la ciudad de Luján (Argentina)*. Colección Cuadernos de Trabajo N° 24. Departamento de Ciencias Sociales. UNLu. Luján.
- BUZAI, G. D. 2008. Análisis espacial de establecimientos educativos en el Partido de Luján: mejoramiento de la justicia espacial a través de la búsqueda de localizaciones óptimas. *Memorias de las Segundas Jornadas de Investigación del Departamento de Ciencias Sociales (Jornasoc-2008)*. Departamento de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Luján. pp. 203-211.
- MORENO JIMÉNEZ, A.; ESCOLANO UTRILLA, S. 1992a. *Los servicios y el territorio*. Síntesis. Madrid.
- MORENO JIMÉNEZ, A.; ESCOLANO UTRILLA, S. 1992b. *El comercio y los servicios para la producción y el consumo*. Síntesis. Madrid.
- MORENO JIMÉNEZ, A. Dir. 2001. *Geomarketing con sistemas de información geográfica*. Departamento de Geografía de la UAM, Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección, Asociación de Geógrafos Españoles, Madrid.

- Por un lado el de programación matemática, que además de los problemas no espaciales, era idóneo para afrontar la resolución exacta de algunos de los modelos de optimización espacial, bajo ciertas condiciones de tamaño o formulación de los mismos.
- Por otro, los programas que incorporan algoritmos de tipo heurístico – búsqueda iterativa - surgidos de la iniciativa de distintos equipos de investigación, a menudo universitarios, que han sido distribuidos casi o totalmente de forma libre. En una somera revisión retrospectiva cabe destacar varias obras que incluyeron diversos programas de esta índole tales como el lejano NORLOC (Törnquist et al., 1971), la serie ALLOC promovida en el Department of Geography de la Universidad de Iowa (Rushton, Goodchild y Ostresh, 1973), la debida a Bach (1980), PLACE de Goodchild y Noronha (1983), ulteriormente mejorado en el sistema LADSS por Densham (vid. Densham y Rushton, 1992; www.emin.geog.ucl.ac.uk/~pdensham/sdss/sdss.stm), NEWLAP (Lindquist, 2002); SITATION elaborado y distribuido por Daskin (1995; <http://users.iems.northwestern.edu/~msdaskin/Mark%20S.%20Daskin%20Publications.html>); o AccessPlan desarrollado entre la Universidad de Waterloo (Canadá) y el Centro Latinoamericano de Demografía (CELADE, Chile; vid. Hall y Bowerman, 2004). En los últimos tiempos, los desarrollos más interesantes han sido aquéllos que vinculan el software de optimización espacial con los sistemas de información geográfica (SIG). Hace años ESRI incluyó en ArcInfo funcionalidades para resolver algunos modelos de localización-asignación óptima y más tarde el software LOCALIZA se desarrolló apoyado en Idrisi for Windows (Bosque y Moreno, 2004, cap. 5 y 6). La no actualización de dichos programas al ritmo que lo hace el SIG vinculado ha perjudicado su difusión.

Actualmente, como opción útil para disponer de programas de localización óptima cabe recurrir a la oferta que en el portal del European Working Group on Locational Analysis (<http://www.vub.ac.be/EWGLA/>) se va publicando a partir de los desarrollos en investigaciones experimentales. La adopción de algún estándar para la transferencia de geodatos a otro software (e. g. vía archivos DBase, dbf), facilita las aplicaciones. Tal es el caso de S-DISTANCE, desarrollado en el Department of Planning and Regional Development en la Universidad de Tesalia, Grecia (www.prd.uth.gr/res_labs/spatial_analysis/software/SdHome_en.asp). Un caso parecido es el de FLOWMAP, un veterano sistema de análisis y modelado espacial, soportado por la Faculty of Geographical Sciences de la

Universidad de Utrecht, que incluye funcionalidades convenientes para la migración de datos con SIG populares.

En este capítulo se ha optado por ésta última herramienta para introducir al lector en las tareas de hallar soluciones óptimas, mediante algunos conocidos modelos. Las prestaciones de Flowmap, las posibilidades de transferencia de sus formatos de datos y su disponibilidad, gratuita en la versión educativa, le hacen un candidato destacado para estudiosos e interesados con escasos recursos.

En el próximo apartado se realiza una sucinta presentación del mismo y luego de la geoinformación necesaria a los fines de este capítulo. En los restantes epígrafes se describirá las fases para abordar problemas de localización óptima, las funciones del programa a usar y los resultados obtenibles.

2. BREVE PRESENTACIÓN DE FLOWMAP Y SUS FICHEROS DE DATOS

Flowmap es un programa orientado al análisis espacial que incorpora un conjunto de herramientas para abordar diversos tratamientos, principalmente:

- Análisis de flujos entre lugares (de bienes, personas o información).
- Modelos de interacción espacial, de accesibilidad espacial y análisis de redes.
- Modelos de localización óptima.

Adicionalmente proporciona unas funcionalidades básicas y algo limitadas para:

- Importación y exportación de geodatos.
- Representación gráfica y cartografía temática.
- Operaciones con tablas de atributos.
- Selección de geodatos.

Aunque no puede calificarse "sensu strictu" como un software de tipo SIG, sin embargo ofrece una serie de características y prestaciones que lo acercan a ese concepto. En particular, merece reseñarse que organiza la geoinformación en capas, operando bajo el modelo vectorial.

El programa ha sido desarrollado y mantenido desde sus orígenes en la Faculty of Geographical Sciences de la Utrecht University, Holanda (<http://flowmap.geo.uu.nl>). Aunque anteriormente operó bajo el sistema operativo MS/DOS, la versión actual, la 7.3, se halla adaptada para el entorno Windows. La versión para uso educativo se distribuye de forma gratuita en el portal antes mencionado, junto con un manual y datos de

entrenamiento. Una versión denominada profesional, con algunas prestaciones adicionales relativas sobre todo a edición de datos, es obtenible a través del mismo sitio a un precio no muy elevado.

El programa maneja los geodatos en un formato propio, aunque admite el intercambio con otros conocidos formatos, en particular, shape (ESRI), MIF (Mapinfo), BNA (Atlas GIS) y Moss. La información de atributos es almacenada en formato DBase. Todo ello hace que la transferencia de datos entre aplicaciones no sea un obstáculo importante, aunque presente algunas particularidades.

Siguiendo las reglas del viejo MS/DOS, las convenciones para la denominación de los ficheros con el formato de Flowmap conciernen a parte principal de la misma y, singularmente, a los tres caracteres de la extensión. A menudo, una capa (las de polígonos y líneas) usan varios ficheros con el mismo nombre principal, pero extensión diferente. La identificación diferencial se establece según se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Identificación de los ficheros en el sistema Flowmap.

Tipo de fichero	Denominación
Capa de polígonos	*.001,*.002,*.003,*.004,*.005,*.006
Capa de líneas (redes)	*.003,*.004,*.005,*.006
Tablas de distancias	*.010,*.011,*.012,*.013,*.014,*.015
Capa de puntos (o centroides de las capas de polígonos)	???????1.DBF
Datos de flujos reales	???????2.DBF
Tabla de atributos de las capas de redes	???????3.DBF

*Nota: Los signos de interrogación habrán de ser sustituidos por caracteres alfanuméricos.
Fte. Traducido de Van Der Zwan et al. (2005, 10).*

3. PREPARACIÓN DE LA GEOINFORMACIÓN NECESARIA PARA ABORDAR PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN ÓPTIMA

3.1. LOS DATOS NECESARIOS

La resolución de modelos de optimización en Flowmap precisa de las siguientes capas:

- Polígonos, por ejemplo, municipios, barrios, unidades censales menores (e. g. secciones o radios censales, cuadras o manzanas, etc). Cada polígono debe poseer un identificador único o clave primaria (Label) en

la tabla de atributos asociada. Esta capa se usa fundamentalmente con fines de visualización (áreas de servicio, mapas de coropletas, etc.)

- Puntos: Es un solo fichero DBF que, por un lado, sirve para expresar la ubicación de la demanda; y por otro expresa la ubicación, real o potencial, de los centros de servicio. Es decir, para los modelos de localización óptima, las capas de orígenes y destinos serán la misma. Debe tener un nombre idéntico a la capa de polígonos, excepto el último carácter (que será 1). La distinción de qué puntos son lugares con demanda o sitios para centros de servicio (a menudo tendrán ese doble carácter) se establecerá mediante los oportunos campos de la tabla de datos asociada. En realidad se trata de un solo fichero DBF con las coordenadas como sendas columnas. Cada punto o registro debe tener un identificador o etiqueta única (coincidente con la de los polígonos previamente descritos) y debería poseer un campo cuantificando la demanda y eventualmente otros indicando la ubicación de los centros existentes o sitios candidatos.
- Opcionalmente, una capa de líneas representando la red viaria que conecta los puntos de la capa anterior. Esta capa es requerida si se desea calcular la distancias, y por ende modelar los desplazamientos, a través de vías. En su ausencia se usarán las distancias rectas.

Flowmap no permite crear o editar capas de geodatos (salvo como resultado de sus propios tratamientos) por lo que procede importarlas de otros formatos. En el supuesto de partir de información en formato shp, para abordar problemas de localización óptima, se habrían de preparar las siguientes capas:

- Polígonos: cada polígono debe poseer un identificador único o clave primaria (Label) en la tabla de atributos asociada.
- Red viaria: capa de líneas con una descripción de geométrico-topológica de la red (i. e. conectividad correcta, arcos que empiezan y finalizan en nodos, identificador único de cada arco, impedancias de arco, etc.).

3.2. LA MIGRACIÓN DE DATOS DESDE EL FORMATO SHP AL FORMATO FLOWMAP

Esta tarea se realiza en Flowmap con la orden del menú File / Convert files. Requiere dos pasos:

- 1) Conversión de shp a bna. Ejecútese para ello: File / Convert files / ArcView (shape)→ BNA.

- 2) Conversión de bna a formatos Flowmap. Ejecútese para ello: File / Convert files / BNA → Flowmap.

Comentaremos a continuación brevemente la migración de las diferentes capas.

3.2.1. CONVERSIÓN DE POLÍGONOS

Solo se precisa indicar la ubicación y nombre del fichero de entrada (shp o bna, según la fase) y de salida (bna o Flowmap). Se recomienda almacenar los datos en carpetas diferentes, según su formato (shp, bna o Flowmap). El programa detecta el tipo de objeto geométrico (e. g. polígonos) y genera dos tipos de ficheros:

A) Archivos con extensión *.001 a *.006 conteniendo la descripción de la capa de polígonos en formato Flowmap.

B) Archivo con extensión *1.DBF conteniendo los centroides de los polígonos con los campos Label (clave primaria), coord. X e Y, y superficie (Size) del polígono asociado al centroide. El programa, por defecto, asume que tales centroides conforman la capa de los orígenes y destinos. En todo caso, el usuario puede editar este fichero en Flowmap, por ejemplo para cambiar las columnas de las coordenadas, si le conviniese, o incorporar nuevas columnas (e.g. indicando centros existentes) copiándolas de otro fichero DBF. Ello es factible mediante la orden File / Table Manager, aunque ello precisa que exista una coincidencia en las claves primarias de ambos ficheros DBF.

3.2.2. CONVERSIÓN DE LA CAPA DE RED VIARIA (LÍNEAS)

Solo se requiere indicar la ubicación y nombre del fichero de entrada (shp o bna, según la fase) y de salida (bna o Flowmap). Se recomienda almacenar los datos en carpetas diferentes, según formato (shp, bna o Flowmap). El programa detecta el tipo de objeto geométrico (e. g. líneas) y genera dos tipos de ficheros:

A) Archivos con extensión *.003 a *.006 conteniendo la capa de líneas en formato Flowmap.

B) Archivo con extensión *3.DBF conteniendo los atributos de los arcos: Identificador (clave primaria), etiqueta (Label), longitud y etiqueta secundaria.

En el transcurso de la conversión Flowmap realiza minuciosas comprobaciones de la calidad y errores de la capa y, eventualmente, emite

un informe (archivo *.err) describiendo dichos errores y sus posibles efectos en los análisis ulteriores. Si ello sucede, es altamente recomendable corregir la capa shp hasta que en la conversión no aparezcan mensajes de error.

4. LAS ETAPAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN ÓPTIMA CON FLOWMAP

El camino que el usuario debe recorrer para resolver problemas de optimización en Flowmap puede ser sintetizado en una serie de fases, cuya descripción sumaria puede facilitar la comprensión y gestión del proceso. Sucintamente serían:

1. Definir un proyecto: Se trata de establecer las carpetas y archivos a usar, el ámbito de visualización, las unidades métricas de las coordenadas, etc.
2. Opcionalmente visualizar las capas de datos, para examinar distribución de la demanda, los centros existentes, la red viaria, etc.
3. Obtener la matriz de distancia /coste de transporte entre los puntos que se usará en la resolución de los modelos.
4. Actualizar el fichero de proyecto para incorporar la matriz de distancias e indicar la capa de polígonos del área de estudio.
5. Opcionalmente, preparar la capa de puntos para especificar opciones de resolución de los modelos, tales como centros existentes, sitios candidatos, lugares no aptos o excluidos para acoger centros de servicio, etc.
6. Aplicar el modelo y algoritmo deseados.
7. Obtener mapas e indicadores de la solución óptima hallada.

En los apartados siguientes se expondrán de forma más detallada e ilustrada las principales de tales fases.

4.1. CREACIÓN DE UN PROYECTO EN FLOWMAP (FICHERO *.FPF)

Sirve para declarar el entorno y ficheros de trabajo. El procedimiento es como sigue:

- Ejecutar File / New Project. Con ello se abre una ventana como la mostrada en la figura 1.
- Especificar los ítems necesarios (varían según el tipo de análisis a efectuar). Son los siguientes:
 - Carpeta de trabajo (Work space).

- Map file: Sirve de mapa base o de fondo estableciendo el ámbito de trabajo. Caben dos opciones:

- Capa de red viaria: consta de los ficheros *.003 a *.006 y otro con nombre similar seguido de *3.dbf (atributos de los arcos). Si se desea realizar análisis con trayectos a través de red y no en línea recta, esta capa es obligatoria para generar la matriz de distancia o costes de transporte.

- Capa de polígonos. ficheros *.001 a *.006. Esta capa es obligatoria para visualizar datos por zonas y para resolver modelos de localización óptima (sustituyendo entonces a la de la red).

The screenshot shows a configuration window with two main panels. The left panel, 'Currently Active Folders and Files', lists various file types with their contents and object counts. The 'Map File' is highlighted as 'C:\Tra\Tra1\CARRETER.006' with '26/26 Line-Objects'. The right panel, 'View Settings', has a table for 'Files/Tables' with columns 'All' and 'Subset'. The 'Map File' row has a checked box in the 'All' column. Below this is a section for 'Current view parameters derived from:' listing three files: 'C:\Tra\Tra1\CARRETER.006', 'C:\Tra\Tra1\MUNICIP1.DBF', and 'C:\Tra\Tra1\MUNICIP1.DBF'. A table for 'View Corner' shows X and Y values for 'Upper Right' and 'Lower Left'. The 'Measurement Unit' is set to 'Meters'. At the bottom, there is an 'Activation Assistant' section with a 'Main Menu' dropdown and a 'Help' button.

Files/Tables	All	Subset
Import File	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Map File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Origin File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Destination File	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

View Corner	X-Value	Y-Value
Upper Right	487798	4530626
Lower Left	470086	4517734

Figura 1. Especificación del entorno para un proyecto o sesión de trabajo. Nótese que como Map File se ha indicado una capa de red viaria.

-Distance table: Ficheros obtenibles en Flowmap, expresando distancias o costes de desplazamiento entre orígenes y destinos; denominados con extensión *.010 a *.015. Esta capa se generará en una fase ulterior.

- Origin file y Destination file: Tabla *1.dbf describiendo los puntos con la demanda y la localización real o potencial de los centros de servicio.

Contiene como campos obligatorios: Label (identificador) y coordenadas X e Y, aparte de otros campos con la demanda, candidatos, etc.

- View settings: Declara el ámbito de visualización a usar en la sesión; éste se ajustará a las capas con las casillas marcadas. Se deben activar todas las casillas posibles de la columna All (Map file, Origin file, etc.) haciendo clic en Set.

- Measurement units: Indíquense las unidades de medida, según las coordenadas de las capas (usualmente m.)

- Se termina con Save o Save as, para guardar el fichero fpf. De esta manera es posible ya realizar operaciones con Flowmap.

4.2. VISUALIZACIÓN DE LAS CAPAS

El sistema ofrece ciertas prestaciones, aunque limitadas, para la elaboración de mapas. A tal fin úsese el menú Maps, eligiendo una de estas opciones:

- Display Outlines and Locations (vista sencilla y rápida).

- Advanced display (elabora mapas temáticos usando datos de la tabla de atributos, pone etiquetas, etc.).

Más adelante, a la hora de presentar los resultados de los análisis, se introducirán brevemente algunas de estas funciones.

4.3. CREACIÓN DE LA MATRIZ DE DISTANCIAS / COSTES DE TRANSPORTE ENTRE LOS PUNTOS – LUGARES (ORÍGENES Y DESTINOS)

La resolución de los problemas de optimización necesita, como punto de partida, datos relativos a las distancias, tiempos o costes que implican los desplazamientos entre los lugares de origen de los mismos y los destinos (O/D). Se dispone, para tal fin, del menú Create / Distance matrices, en el que se ofrecen dos opciones principales.

A) **Network distance.** Requiere haber especificado en el fichero de proyecto una capa de red viaria en la línea Map file. El programa identifica automáticamente los ficheros adecuados en la carpeta de trabajo.

Una vez seleccionada esta opción se ha de elegir en la nueva ventana (figura 2) los parámetros u opciones deseadas, en particular:

- el campo de impedancia para cada arco (tomado del fichero *3.dbf, que contiene los atributos de los arcos); usualmente será la distancia (o Length);

- clic en botón Assist para indicar la velocidad en los trayectos fuera de la red (e. g. desde los puntos no ubicados sobre la red al arco más próximo).

Tras aceptar, se generan 4 ficheros con el mismo nombre principal y extensión diferente: *.010, *.012, *.014 y *.015. Contienen las distancias mínimas entre los puntos orígenes y destinos. Es posible añadir dicha matriz de distancias al proyecto inmediatamente.

Figura 2. Formulario de opciones para generar la matriz de distancias entre punto-lugares a través de la red viaria.

B) **Airline distance.** Puede ser creada habiendo definido como Map file (en el fichero de proyecto) bien una capa de red, bien una de polígonos. Tras seleccionar esta opción se ha de elegir en la ventana nueva los parámetros convenientes, según se describió antes. Tras aceptar, se generan 4 ficheros *.010, *.011, *.014 y *.015 con las distancias rectas

entre los puntos orígenes y destinos. Es posible añadir dicha matriz de distancias al proyecto inmediatamente.

La interpretación de algunos parámetros del formulario es como sigue:

- *Impedance*: atributo de la tabla de arcos que indica el coste de desplazamiento a lo largo de cada arco.

- *Conversion factor*: en el caso de que ciertos puntos de las tablas de O / D no estén conectados a la red, el programa calcula la distancia mínima a un arco de la misma y multiplica dicha distancia por ese factor, para estimar primero la distancia real a recorrer, considerando las curvas que puedan existir, y luego la impedancia (según las unidades definidas antes). Si se usa la longitud como impedancia el factor de conversión constituye el llamado factor de rodeo, el cual se estima empíricamente para ámbitos concretos (e. g. regiones). En ciertos casos se conoce que oscila entre 1,2 y 1,3 (lo que implica un aumento en la distancia estimada de un 20 ó 30 por ciento). En caso de que se use otra medida de impedancia (tiempo o coste económico) se aconseja usar el botón Assist, para especificar la velocidad en dichos tramos fuera de la red y que el programa obtenga el factor de conversión.

Tras haber preparado los datos se puede pasar ya a resolver los modelos de localización-asignación, que se describe en los apartados siguientes.

5. MODELOS DE OPTIMIZACIÓN Y ALGORITMOS DISPONIBLES EN FLOWMAP

Flowmap ofrece la posibilidad de resolver de manera estándar varios conocidos modelos de localización óptima de instalaciones y equipamientos. Así mismo dispone de varios algoritmos heurísticos para dicha resolución (vid. tabla 2). La estructura del programa gira en torno a dichos algoritmos, que se muestran en el menú de selección (vid. figura 3). Una vez elegido el algoritmo, los mismos modelos se suelen mostrar como opciones elegibles. Ello abre la posibilidad de aplicar varios algoritmos para el mismo modelo, comparando los resultados y robustez de los mismos.

Dejando la descripción de los modelos para más adelante, en lo concerniente a los algoritmos procede reseñar que el programa ofrece tres diferentes heurísticas - Expansion, Reduction y Relocation - y una metaheurística - Combined (Expansion and Relocation) Models -. Brevemente descrita, la lógica de cada una es así (vid. Moreno, 2004, p. 92-95; de Smith, Goodchild y Longley, 2006, cap. 7):

Tabla 2. Técnicas de optimización espacial disponibles en Flowmap.

Algoritmos	Modelos
(No descrito)	Cobertura del conjunto (accesible en la ruta Models / Service Location Models / Coverage Models /)
- Relocalización - Expansión - Expansión y relocalización combinados - Reducción	Cobertura máxima P-mediano Minimax Maximización de la cuota de mercado individual

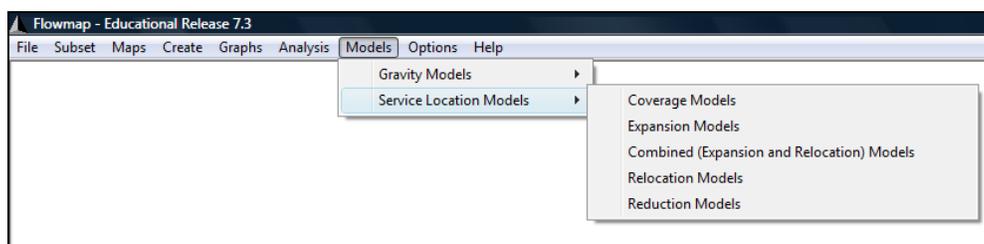


Figura 3. Menú de acceso a los modelos de localización óptima en Flowmap.

Expansion: Opera añadiendo un punto de servicio en cada iteración, buscando optimizar el objetivo establecido, i. e. empieza por un centro, luego dos, etc. Se trata del algoritmo Babel, conocido también como "greedy" o "add".

Reduction: Se corresponde con el denominado algoritmo Attila, conocido también como "stingy" o "drop". Se comienza asumiendo que hay un centro de servicio en todos los lugares candidatos posibles y se va eliminando uno, luego otro, etc. en cada iteración, hasta alcanzar el número de centros fijados por el usuario.

Relocation: Opera a partir de una cifra pre-establecida de centros de servicio, con una localización definida provisionalmente, y procede a reubicarlos hasta hallar la localización óptima. Responde a la heurística denominada Interchange.

Combined (Expansion and Relocation): La pretensión de asegurar el hallazgo de la solución óptima mediante algoritmos heurísticos ha conducido a diseñar estrategias mixtas en las que se combinan dos algoritmos. Por tal motivo se les califica de metaheurísticas. Tal parece ser el caso de esta opción en la que se aplicaría el algoritmo conocido como

Babel, "greedy" o "add", seguido del de intercambio. Opera añadiendo un punto de servicio en cada iteración, buscando optimizar el objetivo establecido, i. e. se empieza por un centro, luego dos, etc. Puesto que la secuencia u orden de entrada de los puntos en la solución parcial obtenida en cada etapa influye en la solución final (i. e. para paliar el problema de que el algoritmo quede "atrapado" en un mínimo local – y no el global-), tras la adición de un sitio nuevo se ejecuta la relocalización (algoritmo "interchange") del conjunto solución alcanzado en esa etapa.

Como en la tabla 2 se indica, cualquiera de estos algoritmos puede ser elegido por el usuario para resolver los cuatro modelos enunciados. La razón de esta oferta de varias heurísticas estriba en el rasgo, común a todas ellas, de que ninguna garantiza la identificación de la solución óptima; cada algoritmo sigue una estrategia de búsqueda distinta para hallar el óptimo pero su robustez, es decir, su capacidad de acertar, es desigual. En virtud de ello, se recomienda resolver el mismo modelo con diversos algoritmos y repetidas veces, para aumentar la probabilidad de identificar el óptimo.

6. RESOLUCIÓN DE SUPUESTOS DE LOCALIZACIÓN-ASIGNACIÓN ÓPTIMA

En esta fase se requiere de entrada una serie de capas que han de estar definidas en el proyecto. En concreto:

- Capa de polígonos (como mapa contextual de fondo).
- Capa DBF de puntos localizando los lugares con demanda, centros de servicio actuales y potenciales. Conviene recordar que debe tener nombre idéntico al de la capa de polígonos, excepto el último carácter, que será 1. Contendrá como campos:
 - Tres obligatorios: Label, XCoord, YCoord. El campo Label contiene identificadores idénticos a los de la capa de polígonos.
 - Otros campos opcionales para identificar (con valores > 0):
 - o Los sitios con centros fijos, e. g. los existentes.
 - o Los sitios candidatos nuevos (adicionales a los existentes).
 - o Los sitios a excluir como candidatos.
 - Estos campos deben generarse antes de aplicar los modelos.

Una vez elegido el algoritmo y modelo el programa proporciona un asistente (Wizard) que va ofreciendo al usuario las opciones disponibles y la que por defecto asume el programa. Expondremos a continuación cómo proceder para resolver algunos supuestos.

6.1. MODELO DE COBERTURA DEL CONJUNTO (COVERAGE MODELS)

Se accede desde el menú: Models / Service location models / Coverage models. El único disponible es el allí denominado Spatial Pareto; en realidad se trata del conocido problema de cobertura del conjunto (set covering problem). Éste fue propuesto por primera vez por Hakimi a mediados de los años sesenta de la pasada centuria y fue formulado como programa lineal por Toregas *et al.* (1971). Su enunciado es como sigue: dado un número de sitios candidatos a acoger puntos de servicio, averiguar el conjunto de ellos que minimiza la cifra de centros de servicio, garantizando que toda la demanda está dentro de un radio de distancia o coste de desplazamiento predefinido, S , y asignando siempre la demanda al centro más próximo (vid. Moreno, 2004, p. 64-65).

A) Información de entrada

- Opcionalmente admite un conjunto - parcial - de sitios, como centros fijos a mantener, identificados en una columna de la tabla de puntos (i. e. la de O/D) con valores no nulos. A ellos el programa añadirá otros sitios (en las localizaciones óptimas halladas) hasta lograr el objetivo planteado por el usuario y aplicando las restricciones impuestas. Si no se usa esta opción, todos los puntos se considerarán como candidatos potenciales.
- Distancia / coste / tiempo de la restricción de cobertura.
- Variante del algoritmo heurístico a aplicar (Width / Depth first).
- Nombre de la columna nueva donde se almacenará la identificación de los sitios óptimos.
- Modo de ejecución: el programa permite elegir entre: a) parar tras cada ciclo de iteraciones de búsqueda para facilitar el examen del progreso en la resolución (Stepwise and visual), o b) dejar que el programa ejecute todas las iteraciones y se detenga cuando halle la solución final (Continuous and visual).

En la figura 4 se muestra la secuencia de ventanas del Asistente para este modelo.

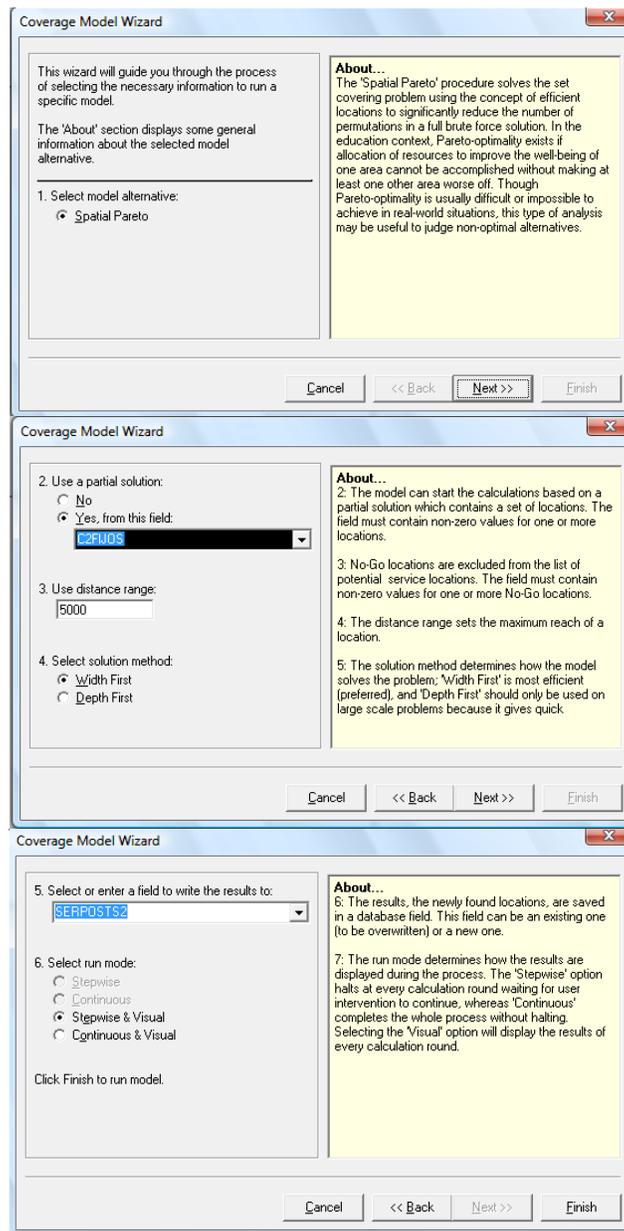


Figura 4. Ventanas del asistente para la resolución del modelo de cobertura del conjunto en Flowmap. Nótese en la parte derecha de cada ventana la breve descripción de las opciones elegibles.

B) Información resultante

- Mapa con localización de centros y áreas de servicio cubiertas.
- Texto en una ventana informando de las etapas del procedimiento de optimización y de la solución. Se aconseja guardarlo como fichero (tendrá formato ASCII).
- En la tabla de lugares O/D se genera una columna nueva (propone por defecto SERPOSTS*), identificando los sitios óptimos (con una constante = 99999 en los registros-puntos seleccionados).

Conviene reseñar que puede haber varias soluciones (conjuntos de puntos) que satisfagan la restricción de cobertura impuesta. Un ejemplo de la solución resultante de este modelo se muestra en la figura 5.

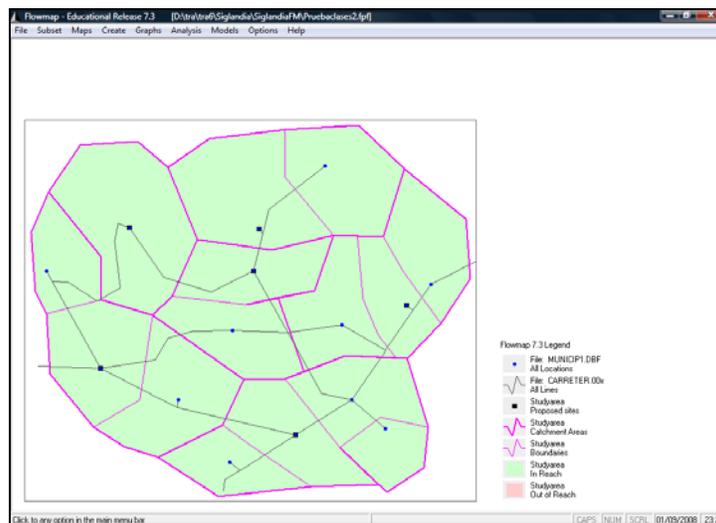


Figura 5. Ejemplo de mapa resultante del modelo de cobertura del conjunto, mostrando la red viaria, las áreas de servicio, los asentamientos con demanda (puntos) y las 6 localizaciones óptimas (símbolos cuadrados) halladas para cubrir toda la demanda dentro de 6 km.

6.2. MODELOS DE COBERTURA MÁXIMA, P-MEDIANO, MINIMAX Y DE CUOTA DE MERCADO MÁXIMA

Sucintamente descritos los cuatro modelos ofrecidos (vid. Moreno, 2004, p. 55-77; Buzai y Baxendale, 2006) son:

A) Cobertura máxima (Maximize customer coverage): busca identificar la localización óptima de los centros de servicio de suerte que se maximice la demanda cubierta en un radio de distancia fijado por el usuario. Es un

modelo que posee connotaciones, tanto desde el punto de vista de la eficiencia (conseguir la máxima cobertura espacial de demanda con los recursos disponibles, i. e. centros), como de la equidad (preocupación porque la mayoría no esté demasiado lejos de los puntos de oferta, al intentar que las desigualdades en el acceso queden en gran medida limitadas al radio máximo establecido).

La restricción de cobertura se puede establecer de varias maneras (figura 6):

- una cifra de centros prefijada (identificar los que cubren más demanda dentro de la distancia marcada),
- un porcentaje de cobertura (identificar la cifra y ubicación de los centros que cubren ese porcentaje de demanda dentro del radio marcado), o
- cobertura total (identificar la cifra y ubicación de los centros que cubren el total de la demanda dentro del radio marcado).

B) P-mediano o Minisum (minimize average distance): busca identificar el conjunto de lugares que minimiza la distancia media recorrida por la demanda, asignando cada punto de demanda al centro de servicio más próximo. Es un modelo claramente guiado por el principio de eficiencia, ya que se centra en reducir los costes derivados de los desplazamientos previstos.

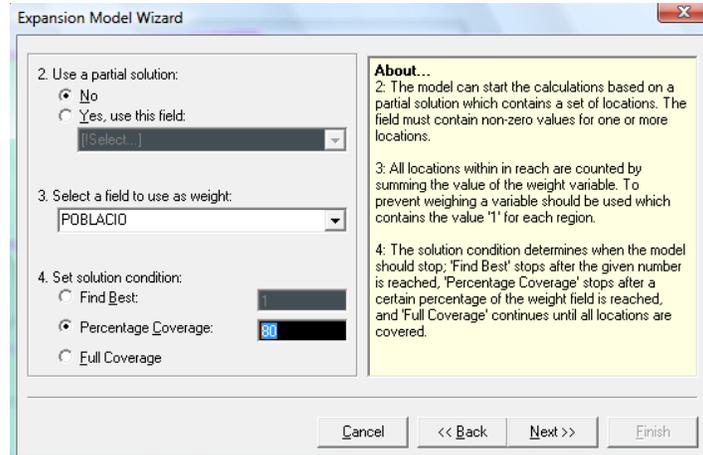


Figura 6. Especificación de opciones para el modelo de cobertura máxima con el algoritmo de expansión.

C) Minimax (minimize worst case distance): busca identificar el conjunto de lugares que minimiza la distancia del asentamiento más alejado de un centro de servicio, asignando cada punto de demanda al centro de servicio más próximo. Se trata de un modelo que prioriza el principio de equidad espacial.

D) Maximizar la cuota de mercado individual o la competencia espacial (Maximize individual market share / Maximize spatial competition). Este modelo aparece en el programa con esas dos denominaciones, según sea la heurística elegida, que al parecer son equivalentes. Con él se busca conseguir para cada centro la mayor cantidad de demanda (aunque sea en detrimento de otros centros o de la globalmente asignada). El modelo está pues claramente guiado por el principio de eficiencia y, a diferencia de los anteriores, no responde a la lógica de cooperación entre los centros de servicios por lograr una solución global que priorice los intereses a la demanda, sino que privilegia los de cada ofertante-competidor individual, lo que responde por tanto a los fines de la empresa privada. En suma, el modelo puede decirse que obedece a las reglas de competir al máximo por el mercado (buscando cada establecimiento ganar la mayor clientela).

El acceso a estos cuatro modelos se realiza según la siguiente ruta del menú: Models / Service location models / [Heurística] / [Modelo], es decir, primero se elige una heurística de las descritas anteriormente y después el modelo. La información requerida para resolver cada modelo puede variar ligeramente, según la heurística seleccionada, pero en gran medida es coincidente. Por brevedad no expondremos toda esa casuística de modelos y heurísticas e ilustraremos a continuación solo el uso del algoritmo de relocalización.

6.2.1. MÉTODO DE RELOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE INSTALACIONES (RELOCATION MODELS)

Al igual que en el modelo antes descrito, la resolución de alguno de los cuatro modelos recién enumerados, usando el método llamado de relocalización (Interchange), implica gestionar información de este tenor:

- A) Datos de entrada a proporcionar por el usuario vía el asistente (Wizard)
- Opcionalmente admite un conjunto de centros fijos (e. g. ya existentes) identificados en una columna de la tabla de puntos (i. e. la de O/D) con valores no nulos.
 - Opcionalmente admite un conjunto de lugares, identificados con valores no nulos en una columna de la tabla de puntos (i. e. la de

O/D), que serán excluidos como sitios candidatos y que no podrán por tanto acoger centros de servicio (No-Go).

- Columna con ubicación inicial y provisional de centros móviles (registros con valores no nulos), que serán reubicados buscando la solución óptima.

La cifra total de centros que tendrá la solución final es la suma del conjunto de centros fijos más los centros móviles. El conjunto de sitios candidatos se conforma con todos los puntos, tras excluir los marcados en la columna No-Go.

- Columna con cifra de usuarios en cada localización en la tabla de orígenes / destinos. En caso de que se desee eliminar dicha ponderación (i. e. que todos los sitios posean igual demanda o peso) se ha de elegir una columna con valores unitarios.
- Para los modelos de cobertura máxima y de maximización de la competencia espacial (cuota de mercado individual) se ha de indicar, además, la distancia / tiempo de cobertura.
- Nombre para la columna que almacenará la solución. Para este algoritmo el programa propone OPTPOSTS* (para otros algoritmos, se proponen otros tales como EXPPOSTS*, REDPOSTS*, SERPOSTS*, MAXPOSTS*, etc.).
- Modo de ejecución del algoritmo: es posible el seguimiento de los resultados temporales tras cada iteración (Stepwise & visual) o solo la solución final (Continuos & visual).

B) Información resultante

- Ventana de texto informando de las etapas del proceso de optimización y de la solución final. Se aconseja guardarlo como fichero (tendrá formato ASCII).
- Mapa con localización de centros y delimitación de áreas de servicio.
- En la tabla de lugares O/D se genera una columna nueva, OPTPOSTS*, identificando los sitios óptimos con una constante igual al total de la demanda. Para otros algoritmos la columna de solución suele tener otro nombre (vid. supra) y contiene otros valores, por ejemplo en el de expansión se identifican los sitios con un ordinal (alusivo al orden de entrada en la solución) y en el de reducción aparecen con un número negativo (-1).

A título de ilustración, se muestra en la figura 7 las ventanas del asistente cumplimentadas para aplicar el modelo p-mediano en una región ficticia con 15 zonas, indicando la existencia de 2 centros fijos y planteando la

localización óptima de 3 adicionales. En la figura 8 se exhibe el mapa de la solución hallada.

6.3. LA ESTRATEGIA DEL USUARIO ANTE ALGORITMOS HEURÍSTICOS DE ROBUSTEZ LIMITADA

Como es bien sabido, una característica de muchas heurísticas entre ellas las descritas es que, a diferencia de los algoritmos exactos, no garantizan el logro de la solución óptima al problema planteado (vid. Moreno, 2004, p. 89-95; de Smith, Goodchild y Longley, 2006, cap. 7). La robustez, o capacidad de hallar tal solución, varía según los algoritmos. La experiencia acumulada apunta a que tanto el de expansión, como el de reducción son menos robustos que el de relocalización. Con el fin de aumentar la probabilidad de hallar tal solución se ha seguido investigando en nuevas heurísticas y se ha recurrido también a usar varias de ellas secuencialmente o a combinarlas, como sucede en el método combinado (expansión y relocalización), ofrecido en Flowmap.

En cualquier caso, la estrategia recomendada al experto es la de ensayar la aplicación de diversos algoritmos, independientemente o combinados, y comparar las soluciones obtenidas, de suerte que se puedan desechar las subóptimas y se identifique una no superada, que se aceptaría como la óptima. Se suele adoptar como criterio el que la solución mejor se repita un cierto número de veces, en concreto 3.

Conviene añadir sobre este punto de la robustez dos advertencias: en primer lugar que algunos de los modelos no poseen una solución óptima única, por lo que ello debe ser tenido en cuenta al comparar los resultados de los distintas heurísticas; y en segundo, que la solución hallada suele estar condicionada por decisiones adoptadas por el usuario (y especificadas en las ventanas del asistente). Por ejemplo, en el método de relocalización el resultado suele variar según cuál sea el conjunto de lugares provisionales inicialmente indicados por el experto para comenzar la búsqueda (estarán especificados en una columna de la tabla de O/D) y en los métodos de expansión y reducción puede ocurrir que en algún momento de la heurística haya varios candidatos que ofrezcan similar resultado en el proceso de maximización o minimización; el usuario puede influir en tal disyuntiva indicando al programa que elija uno, por ejemplo, al azar o el primero hallado.

The figure displays three sequential screenshots of the 'Relocation Model Wizard' dialog box. Each window is divided into a main configuration area on the left and an 'About...' information area on the right. The 'About...' area contains a yellow background with black text providing details about the selected options.

Relocation Model Wizard (Step 1):

- This wizard will guide you through the process of selecting the necessary information to run a specific model.
- The 'About' section displays some general information about the selected model alternative.
- 1. Select model alternative:
 - Maximize Customer Coverage
 - Minimize Average Distance
 - Minimize Worst Case Distance
 - Maximize Spatial Competition
- About...** Optimizes the location of a given set of service locations by minimizing the average consumer distance. The alternate algorithm is applied in a discrete space using transport network based distances/costs. The more the use of discrete space limits the number alternative locations, the more the procedure is prone to halt at a suboptimal solution.

Relocation Model Wizard (Step 2):

- 2. Use a set of fixed locations:
 - No
 - Yes, use this field: **C3FIJOS**
- 3. Use No-Go restraint:
 - No
 - Yes, from this field: [Select...]
- 4. Select a field with movable locations: **C3INICIO**
- About...**
 - 2. The fixed locations are excluded from relocation. The field must contain non-zero values for one or more fixed locations.
 - 3. No-Go locations are excluded from the list of potential service locations. The field must contain non-zero values for one or more No-Go locations.
 - 4. The movable locations are the locations to be optimized by the model. The field should contain non-zero values for one or more movable locations.

Relocation Model Wizard (Step 5):

- 5. Select a field to use as weight: **POBLACIO**
- 6. Select or enter a field to write the results to: **OPTPOSTS2**
- 7. Select run mode:
 - Stepwise
 - Continuous
 - Stepwise & Visual
 - Continuous & Visual
- Click Finish to run model.
- About...**
 - 5. All locations within in reach are counted by summing the value of the weight variable. To prevent weighing a variable should be used which contains the value '1' for each region.
 - 6. The results, the newly found locations, are saved in a database field. This field can be an existing one (to be overwritten) or a new one.
 - 7. The run mode determines how the results are displayed during the process. The 'Stepwise' option halts at every calculation round waiting for user intervention to continue, whereas 'Continuous' completes the whole process without halting. Selecting the 'Visual' option will display the results of every calculation round.

Figura 7. Ventanas del asistente para la resolución del modelo p-mediano en Flowmap con la heurística de relocalización. Nótese en la parte derecha de cada ventana la breve descripción de las opciones elegibles.

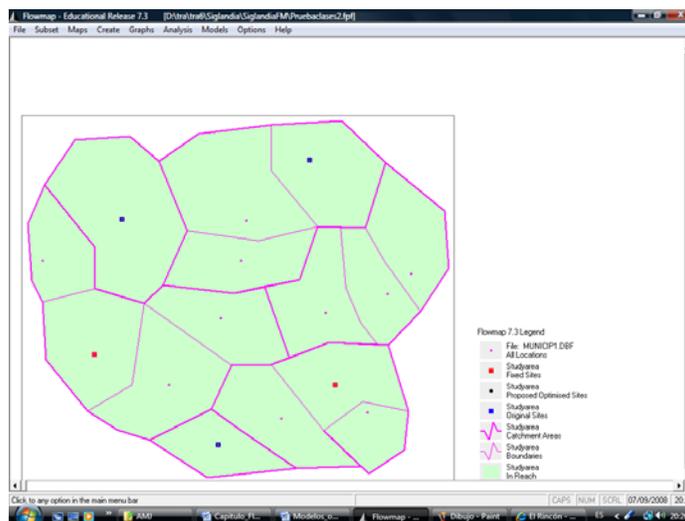


Figura 8. Ejemplo de mapa resultante del modelo de p-mediano, mostrando las áreas de servicio, los asentamientos con demanda (puntos) y las 5 localizaciones óptimas (símbolos cuadrados) halladas a partir de las especificaciones de la figura 7 (2 centros fijos y 3 nuevos adicionales).

7. LA EVALUACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESQUEMAS DE LOCALIZACIÓN Y SOLUCIONES ÓPTIMAS

Conocido un determinado patrón espacial de instalaciones o equipamientos, bien por existir realmente, bien por tratarse de una propuesta, procede abordar dos tareas adicionales para completar el análisis y valoración territorial del mismo:

1) Determinar y cartografiar las áreas de servicio o de mercado de cada equipamiento (fase de asignación de los lugares con demanda a los centros de oferta). En general, muchos modelos de localización óptima de centros de servicio involucran ya esa tarea, y de ahí su nombre de modelos de localización-asignación. Dicha asignación se realiza, en bastantes casos, de acuerdo con el criterio de máxima proximidad, conocida ésta mediante la matriz de distancias entre los lugares de demanda y los de oferta. Ambos estarán definidos en el proyecto de Flowmap (fichero *fpf*).

Como resultados apropiados conviene considerar:

- mapa de áreas de servicio (coropletas o de líneas de deseo),

- tabla con las cifras de asentamientos y de demanda asignados a cada centro de servicio (total y %).
- 2) Caracterizar el esquema de distribución espacial mediante indicadores sintéticos. A tal fin resultan de preferente interés los siguientes (vid. Moreno, 2007):
 - Indicadores de eficiencia
 - o Distancia de cada asentamiento al centro de servicio asignado.
 - o Desplazamiento total y medio de la demanda.
 - o Demanda total y % cubierta dentro del radio prefijado o asignada.
 - Indicadores de equidad
 - o Diferencia entre distancia ó coste máximo y mínimo en el conjunto de los asentamientos (amplitud).
 - o Desviación típica de las distancias o costes de transporte entre los puntos de demanda.
 - Distribución de la demanda según intervalos de distancia al centro asignado (tabla con frecuencia absoluta y relativa, percentiles e histograma).

Estos resultados pueden obtenerse, bien para el conjunto de la región estudiada, bien para cada una de las zonas de servicio establecidas. Esto último permitiría una comparación entre ellas y con el conjunto de la región. Adicionalmente el análisis de dichos resultados puede extenderse a su cotejo y valoración respecto a otros esquemas o soluciones contempladas. Flowmap ofrece algunas de herramientas para tal fin, que se expondrán a continuación.

7.1. ASIGNACIÓN DE LUGARES CON DEMANDA A LOS CENTROS DE OFERTA ÓPTIMOS

A los efectos de realizar esa asignación, y por ende derivar las áreas de servicio recomendables, conviene recordar que la capa (tabla) de puntos de oferta y la de demanda puede ser la misma (por ejemplo los datos usados para resolver el problema de localización óptima) o bien ser dos capas distintas (una sería la de orígenes – lugares con demanda- y otra la de destinos – centros de servicio-). En el presente caso se asume que orígenes y destinos son la misma capa; ello implica que la demanda de cada lugar y la identificación de los centros de servicio óptimos deben constar en la tabla dbf de dicha capa. Así mismo debe estar definida la tabla de distancias entre puntos de oferta y de demanda en el fichero del proyecto fpf. Estos datos ya se han debido obtener al resolver previamente

los modelos de optimización, por lo que la ejecución de las siguientes tareas es factible de forma inmediata a la obtención de una solución.

El acceso a la función de asignación se realiza mediante la orden Analysis / Catchment Area Analysis / Regular Catchment Areas (figura 9). La información de entrada se ha de proporcionar en dos ventanas consecutivas. En la primera (figura 9 A) se indicará:

- Campo de la tabla (Field) conteniendo la demanda de cada lugar (Weight variable per Origin/Destination)
- Capacidad de los centros: campo con la cifra límite de demanda que cada centro de servicio puede atender. En caso de que no haya limitación por capacidad en los registros correspondientes deberá haber un valor muy grande (por ejemplo superior a la demanda total). El resultado de ciertos modelos por el programa ya identifica los sitios óptimos con una constante igual a la demanda total, por lo que dicho campo-solución puede ser seleccionado aquí.
- Opcionalmente un valor de distancia o alcance máximo. Los lugares que superen dicha distancia no serán asignados a centro alguno, por lo que quedarían como desatendidos.

En la segunda ventana (figura 9 B) se señalan los campos que en la tabla dbf asociada a la capa de orígenes / destinos se generarán como salida. Por defecto se ofrecen éstos (el * se sustituye automáticamente por un ordinal):

- CADemand*: demanda total asignada a cada centro de servicio.
- CACentre*: Identificador del centro asignado a cada origen (lugar con demanda).
- CADistan*: Distancia desde el lugar con demanda al centro de servicio asignado (el más cercano).
- CAREmain*: Demanda no asignada a centro alguno (debido a las restricciones de capacidad establecidas por el usuario o al alcance máximo).

Con los datos de tales columnas es factible elaborar fácilmente mapas del esquema óptimo hallado, como el mostrado en la figura 10. Para ello se debe recurrir al menú Maps e incluir en la representación los distintos resultados. Por ejemplo para la elaboración de la figura 10 se operó así:

- Mapa de coropletas con áreas de servicio (en color): Maps / Advanced display / Shade map file / Discrete shading. Indíquese que cartografía la columna CACentre*.

Accessibility Analysis Modelling Parameters

Calculate Catchment Areas focusing on

Clients travelling towards Service Locations

Service Providers travelling towards Client Locations

Weight variable per Origin/Destination

Field: POBLACIO 97<= Value <= 3660. Sum: 9555

Allocation centre per Origin/Destination

Field: [Inactive] Inactive

Capacity variable per Origin/Destination

Field: OPTPOSTS1 Value Range: 0- 9555. Sum: 28665

Second Best Catchment Distance per Origin/Destination

Field: [Inactive] Inactive

Accessibility Parameters

Maximum Distance: .

Threshold Capacity: .

Pareto Cover Set Option

Retain all in case of duplicates

Ok Cancel

A

Store results Catchment Area Analysis

Topic	Store	Filename or Fieldname	Number of decimals
Sum of Allocated Demand as new column in Municip1.DBF	<input checked="" type="checkbox"/>	CAdemand1	2
Allocation Centre Label as new column in Municip1.DBF	<input checked="" type="checkbox"/>	CAcentre1	
Allocation Centre Distance as new column in Municip1.DBF	<input checked="" type="checkbox"/>	CAdistan1	3
Remaining (Unsatisfied) Demand as new column in Municip1.DBF	<input checked="" type="checkbox"/>	CAremain1	2

Ok Cancel

Determine which result(s) to save by (un)checking "Store". To store as a new File or Field either accept the suggested name or type in a brand new one. Alternatively to overwrite/modify existing data, use the pull down menu to select an existing File or Field. Please note that in this latter case analysis results will always overwrite the full data file or field, whereas variable computation only modifies selected records

B

Figura 9. Asistente para la especificación de opciones para asignación de los puntos de demanda a los centros de servicio.

- Mapa de círculos proporcionales a la demanda de cada lugar: Maps / Advanced display / Show symbols from origin file / y en la ventana siguiente indicar la columna conteniendo la demanda y las opciones de simbología (color, símbolo, tamaño del símbolo mayor, etc.).
- Mapa de araña o de líneas de deseo: Maps / Advanced display / Draw allocation lines from origin file. Tras elegir en la ventana siguiente la simbología de las líneas, se ha de especificar en otra ventana (figura 11) los datos para el trazado de las líneas desde cada lugar con demanda (Label) a los centros (CACentre*) y el campo con los datos del flujo saliente de ese origen (la demanda).
- Etiquetas de los lugares: Maps / Advanced display / Show labels from map file.

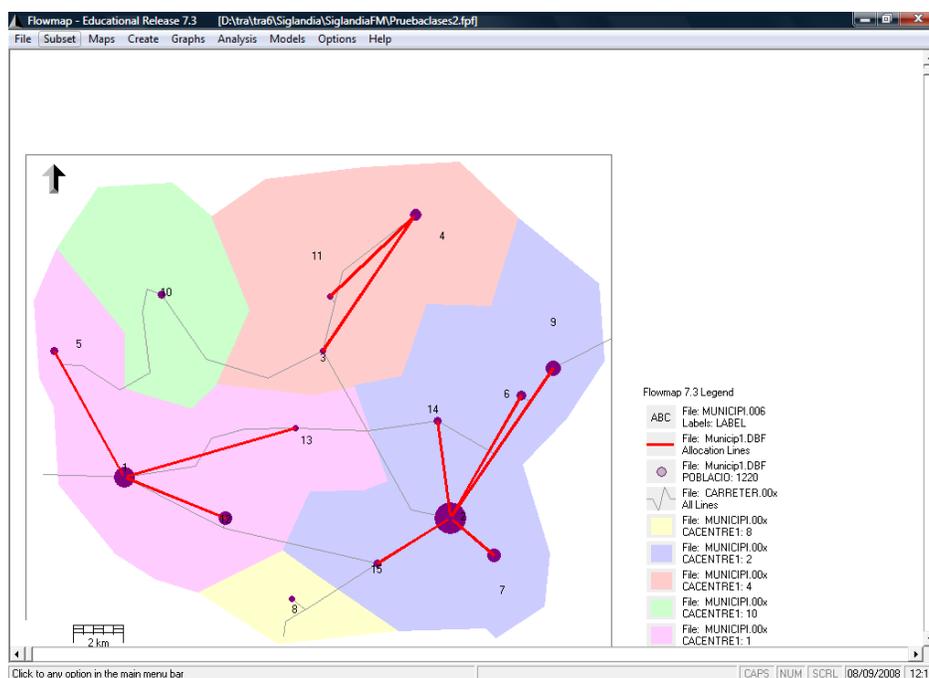


Figura 10. Mapa con las áreas de servicio y la asignación de cada asentamiento a un centro (solución p-mediana con 5 centros). Los círculos representan la magnitud de la demanda de cada lugar.



Figura 11. Opciones para construir el mapa de araña o líneas de deseo con la asignación.

7.2. CARACTERIZACIÓN DE UNA ORGANIZACIÓN ESPACIAL DE EQUIPAMIENTOS CON GRÁFICOS Y RESÚMENES ESTADÍSTICOS

Adicionalmente procede obtener algunos indicadores sintéticos y gráficos del esquema óptimo, como anteriormente se argumentó. Veamos cómo hacerlo en Flowmap.

A) Estadísticos univariados para los puntos de demanda (e. g. asentamientos). Se puede recurrir a calcular varios estadísticos de la columna CADistan*: media de la distancia de los asentamientos a los centros de servicio (indicador de eficiencia), desviación típica y amplitud total (indicadores de equidad). Para calcular tales estadísticos ejecútase File / Table manager / Field Statistics e indíquese el campo CADistan*. Nótese que serán estadísticos por asentamientos, aunque puede resultar más conveniente obtenerlos para la población o demanda (vid. infra).

B) Distribución (gráfica y tabular) de la demanda según la distancia a los centros de servicio a los que ha sido asignada y estadísticos de la demanda. Para ello ejecútase la orden Graphs / Catchment profile (Overall). En la nueva ventana (vid. figura 12) indíquese el campo de impedancia, las unidades de la impedancia (e. g. meters) y la columna que contiene los datos de la demanda de cada lugar (Weight field). Ante el aviso siguiente de posible error, continúese.

La ventana de resultados muestra un diagrama de frecuencias acumuladas (vid. figura 13) con la distribución de la población según los valores de distancia al centro de servicio asignado (el más próximo). Haciendo clic en el botón View Data se accede a la tabla de frecuencias (tabla 3) en la que se basa el gráfico previo y varios estadísticos más como las distancias máxima y media y el índice de Gini.

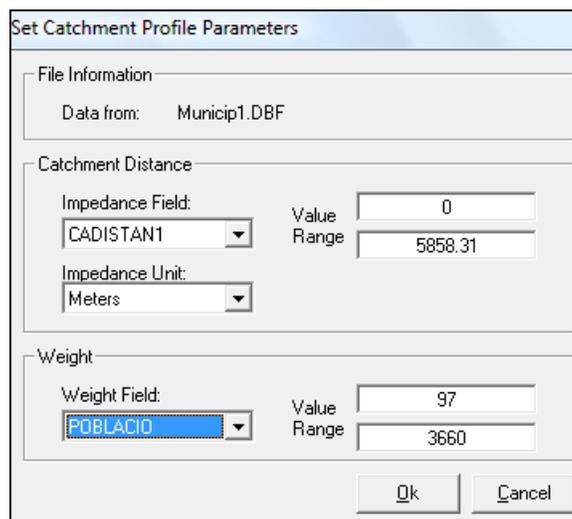


Figura 12. Ventana para obtener la distribución de la demanda según la distancia y algunos estadísticos de accesibilidad y equidad basados en la distancia o coste de desplazamiento.

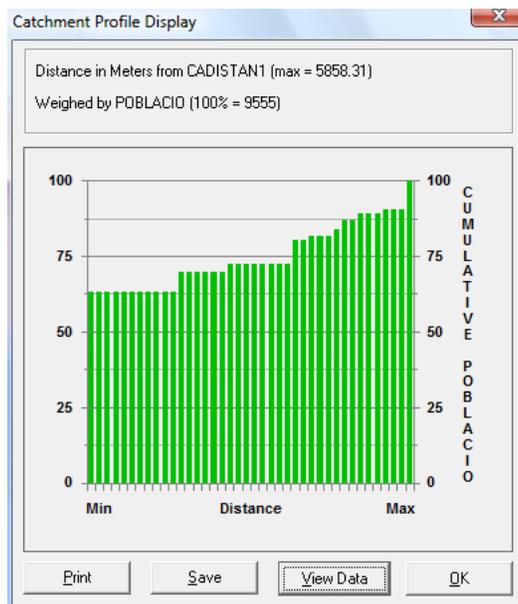


Figura 13. Diagrama de frecuencias acumuladas de la población (%) según la distancia al centro de servicio más próximo.

Tabla 3. Distribución de la demanda según la distancia al centro más próximo.

Meters	Amount of POBLACIO	Cumulative Amount	Cumulative Percentage	Cumulative Average Distance
0	6023.0	6023.0	63.035060	0
1754.530	650.0	6673.0	69.837780	170.90430
2602.730	257.0	6930.0	72.527470	261.08890
3713.990	750.0	7680.0	80.376760	598.28630
4039.710	123.0	7803.0	81.664050	652.5340
4401.410	190.0	7993.0	83.652530	741.64780
4645.710	325.0	8318.0	87.05390	894.18690
4889.880	188.0	8506.0	89.021450	982.49990
5330.520	150.0	8656.0	90.591320	1057.8470
5858.310	899.0	9555.0	100.0	1508.7120
Accessibility measures				
Maximum or worst case distance:		5858.310 Meters		
Average distance:		1508.7120 Meters		
Spatial inequality measures				
Gini Coefficient:		0.7044215		
Gini Index:		70.442150		

8. BIBLIOGRAFÍA

- BACH, L. 1980. Locational models for systems of private and public facilities based on concepts of accessibility and access opportunity. *Environment and Planning A*, 12, p. 301-320.
- BATTY, J.M.; DENSHAM, P. J. 1996. Decision support, GIS, and urban planning. *Systema Terra*, V (1): 72-76.
- BOSQUE SENDRA, J.; GÓMEZ DELGADO, M.; MORENO JIMÉNEZ, A.; DAL POZZO, F. 2000. Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos. *Estudios Geográficos*. 241: 567-598.
- BUZAI, G.D.; BAXENDALE, C.A. 2006. *Análisis espacial con sistemas de información geográfica*. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- DASKIN, M. 1995. *Network and discrete location. Models, algorithms, and applications*. John Wiley and Sons. Nueva York
- DE SMITH, M.; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. A. 2006: *Geospatial Analysis: a Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools* (Second Edition). Troubador. Leicester. 2ª ed. 2008. Disponible en: <http://www.spatialanalysisonline.com/output/> [Consultado: 10/9/2008]
- DENSHAM, P.J.; RUSHTON, G. 1992. Strategies for solving large location-allocation problems by heuristic methods. *Environment and Planning A*, 24: 289-304.

- GOODCHILD, M.; NORONHA, V. 1983. *Location-allocation for small computers. Monograph 8*. Department of Geography, The University of Iowa. Iowa.
- HALL, B.; BOWERMAN, R. 2004. *AccessPlan. Una herramienta de apoyo a la toma de decisiones de planificación en salud*. Universidad de Waterloo, Waterloo (trad. A. Silva, CELADE).
- LINQUIST, P. 2002. Visualizing alternative models and their objective functions in the solution of optimal location problems. *Journal of Geography*. 101: 45-60.
- MORENO JIMÉNEZ, A. 2004. Modelos de localización óptima de instalaciones y equipamientos. En: Bosque, J.; Moreno, A. (eds.). *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-Ma, Madrid: 53-101.
- MORENO JIMÉNEZ, A. 2007. Justicia y eficiencia espacial como principios para la planificación: aplicación en la provisión de servicios colectivos con SIG. En: Buzai, G. D. (Ed.). *Memorias. XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Dpto. de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Luján. Luján, Argentina: 197-230. En: www.geogra.uah.es/inicio/web_11_confibsig/CONFERENCIAS/Conferencia_Moreno.pdf
- RUSHTON, G.; GOODCHILD, M.; OSTRESH, L. JR. 1973. *Computers programs for location-allocation problems. Monograph 6*. Department of Geography, The University of Iowa. Iowa.
- TORNQUIST, G. et al. 1971. Multiple location analysis. *Lund Studies in Geography, Series C. General, Mathematical and Regional Geography*. 12, 86 p.
- VAN DER ZWAN, J., VAN DER WEL, R.; DE JONG, T.; FLOOR, H. 2005. *Manual Flowmap 7.2*. Faculty of Geographical Sciences, Utrecht University. Utrecht. En: [ftp://ftp.geog.uu.nl/pub/flowmap/FM72manual.pdf](http://ftp.geog.uu.nl/pub/flowmap/FM72manual.pdf)