

Potencialidades de la aplicación del Sistema de Información Geográfica Vectorial como herramienta de gestión para el desarrollo Económico - Territorial

*Nora Claudia Lucioni**

Introducción

En los últimos años los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta metodológica muy útil y adecuada para el análisis temporal (dinámica de los usos del suelo) y espacial (caracterización según variables descriptivas y explicativas). Los mapas desarrollados a través de este sistema permiten obtener un documento cartográfico de gran utilidad para establecer relaciones entre dichas variables y su vinculación con procesos socioeconómicos. Las funciones de superposición de distintas capas de información y la consulta condicional permiten trazar la dinámica temporal del proceso en estudio, definir los diferentes tipos de comportamientos evolutivos, así como establecer la distribución de éstos con relación a los diferentes criterios espaciales.

Los SIG surgen en el marco del nuevo paradigma tecnológico constituido por la microelectrónica iniciado a fines de los años setenta. Según Manuel Castells, el rasgo distintivo primordial del nuevo paradigma tecnológico es que “las nuevas tecnologías centrales están concentradas en el procesamiento de la información” (1995). Dentro de este rasgo, los SIG constituyen una herramienta eficiente en la disponibilidad rápida de la información, por estar basados en la capacidad aumentada para almacenar, extraer y analizar la información. Esto permite resolver problemas y contestar a las preguntas de modo inmediato.

Un SIG incluye una serie de funciones cuyo objetivo es el análisis de las capas de información incluidas en la base de datos alfanumérica, entendido tanto como análisis independiente, como comparación y como superposición de las mismas. Este análisis está condicionado por el formato de almacenamiento de la información. Es decir, aunque existan funciones comunes, el formato vectorial (basado en elementos puntuales, lineales o poligonales) y el formato ráster (basado en celdillas o píxeles) presentan diversas posibilidades del manejo de información, más o menos limitadas, en función del tipo de análisis.

El objetivo principal del presente trabajo es mostrar las potencialidades de un SIG basado en un formato vectorial como herramienta de gestión para el desarrollo Económico – Territorial de la Ciudad de Buenos Aires (CBA).

Los Sistemas de Información Geográfica: definición y procesos de análisis de la información

El término de SIG actualmente está ampliamente difundido, especialmente entre los profesionales que trabajan en la planificación o resolución de problemas socioeconómicos y ambientales. Sin embargo, no es fácil definir los SIG debido que existen tantas definiciones como autores que escriben sobre esta herramienta. La definición de SIG que adopta este trabajo es la propuesta por el National Center For Geographic Information and Analysis de los Estados Unidos de América: “un SIG es un sistema de información compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos *georeferenciados*, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación” (Comas y Ruiz, 1993).

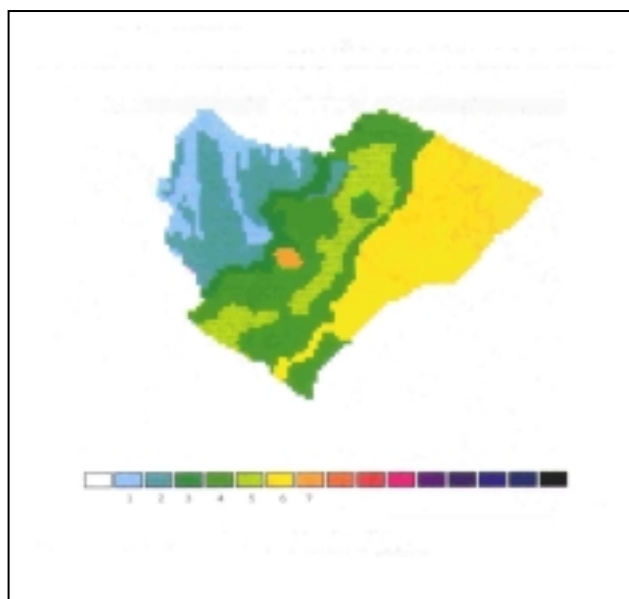
Para estudiar, descomponer y relacionar diferentes procesos socioespaciales sobre el territorio se implementó el uso de un SIG vectorial. Así, por ejemplo, para implementar estrategias de desarrollo territorial a escala regional sobre el área de estudio de la CBA, concebida como parte integrante de un espacio metropolitano mayor, se ha trabajado la división departamental, las redes de circulación vial y de transporte, catastro urbano, hitos de interés, capas temáticas con información socioeconómica, entre otras. A su vez, cada una de estas capas de información alfanumérica están vinculadas con la base gráfica de información asociada a parámetros

* Responsable del Área Sistema de Información Geoproductivo (SIGEOP), Programa de Desarrollo Económico Territorial (PRODET) de la Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Investigadora del Instituto de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Profesora de Sistemas de Información Geográfica, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

cartográficos. Esto equivale a decir, que los SIG están compuestos por dos bases de datos: una base alfanumérica y una base gráfica. Estos sistemas no sólo almacenan información acerca de la localización de los elementos en el espacio (proceso de *georeferenciación*), sino también registran las relaciones entre unos elementos y otros (*topología*). Gracias a la *georeferenciación* es posible, por ejemplo, calcular la distancia entre dos empresas, medir la superficie de una parcela, asociar algún parámetro territorial a una base existente.

Existen dos formas de representación de las unidades espaciales: la aproximación ráster (según se atiende a las propiedades de objeto) o la aproximación vectorial (individualización producida en base a determinadas coordenadas espaciales). Un SIG ráster consiste en un conjunto de mapas individuales, todos referidos a la misma zona del espacio, y todos ellos representados digitalmente en forma ráster, es decir utilizando una rejilla de rectángulos regulares y de igual tamaño. En cada uno de estos rectángulos o posiciones un número codifica el valor que alcanza en ese punto (píxel) del espacio la variable cartografiada en el mapa (ver ejemplo de la figura 1). Con esta representación no se consideran explícitamente los objetos geográficos (sus fronteras no aparecen de manera manifiesta), sino que éstos surgen, de forma implícita de la ordenación espacial de los valores en la rejilla o cuadrícula. Del mismo modo, la *topología* de los objetos está contenida en la regularidad de la rejilla, la cual permite saber, de modo inmediato, cuáles son los vecinos de cada uno de los puntos del mapa y, de este modo, tener una cierta idea de las relaciones espaciales existentes entre los elementos representados en el mapa (Bosque Sendra, 1992).

Figura 1: ejemplo de una representación en formato ráster



En cambio, una aproximación vectorial consiste en un SIG basado en la representación vectorial de la componente espacial de los datos geográficos. De acuerdo con las características de este modelo de datos, los objetos espaciales están representados de modo explícito y, junto a la descripción digital de sus características espaciales, llevan asociados un conjunto de aspectos temáticos (Bosque Sendra, 1992).

Por lo tanto, para el abordaje y complementación al análisis socioespacial y productivo de la CBA se utiliza la aproximación vectorial. Dentro de ésta se considera que existen unidades individuales en el espacio geográfico en tanto que poseen determinadas propiedades o entidades del “mundo real”, que pueden ser naturales (ríos, vegetación) o artificiales (rutas, localidades). La representación de estas entidades se realiza por medio de los elementos geométricos básicos: puntos, líneas y polígonos. La localización de estos elementos cartográficos están referenciados o son referenciables con respecto a un sistema de coordenadas. La elección del elemento cartográfico para representar cualquier tipo de entidad o fenómeno cartografiable depende también de la escala de trabajo (global, regional o local).

Generación de capas de información y representación de los elementos geográficos

A partir de un SIG vectorial se pueden generar diversas capas de información (proceso de *digitalización*) o mediante el escaneo de cartas topográficas o mapas catastrales y la posterior asignación de coordenadas cartográficas¹ en un determinado sistema de proyección geográfico. Otra forma de generar representación espacial de los objetos es a partir del proceso de *geocodificación*. Este proceso puede llevarse a cabo de dos maneras: a través de una base cartográfica digital coherente con un sistema de proyección cartográfica y con un campo en común con la base alfanumérica para generarle el vínculo espacial en forma de punto; o por medio de coordenadas obtenidas con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS)².

El SIG vectorial representa las posiciones, características y las relaciones espaciales de los objetos en forma digital. Los mapas o bases *georeferenciadas* generados a partir de este Sistema vectorial representan elementos geográficos usando una combinación de líneas, colores, símbolos y palabras.

Coberturas

Todos los fenómenos geográficos representados en un mapa o almacenados en la computadora son una representación abstracta de la realidad geográfica. El modelo de datos de un SIG vectorial almacena datos geográficos asociados temáticamente, en unidades separadas, pero a la vez relacionadas, llamadas *coberturas* o capas de información.

Tipos de elementos

Las *coberturas* almacenan datos en forma de elementos. Los tipos básicos de elementos usados en un SIG vectorial son:

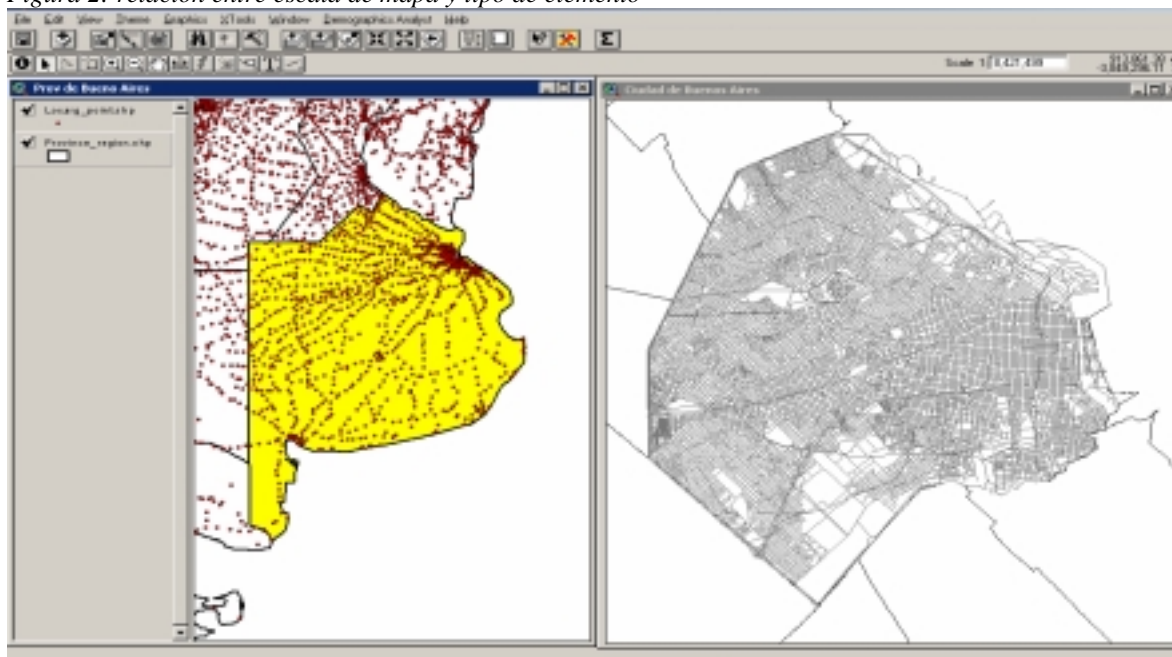
Tipo de elemento	Lo que representa	Ejemplo
Puntos	Localidades aisladas	Casas; Industrias; Edificios; Hipermercados; etc.
Arcos	Vías lineales.	Representación de localidades por eje medio de calle. Autopistas; Ríos; Cables de electricidad; etc.
Polígonos	Áreas homogéneas encerradas en bordes.	Radios censales; División política; Tipos de suelos, etc.

La elección de algún tipo de elemento para representar algún objeto o fenómeno espacial está íntimamente relacionada con la escala de trabajo que se use. En la figura 2 se demuestra que si se trabaja a escala regional, las localidades se verán como puntos sobre el mapa aunque las mismas estén graficadas por eje medio de calle, entonces para este caso conviene directamente representarlas como puntos.

1 Un sistema de coordenadas se utiliza para crear una representación numérica de objetos geométricos. Cada punto de un objeto geométrico se representa por un par de números que son las coordenadas para ese punto. En cartografía, los sistemas de coordenadas están muy relacionados con las proyecciones. Se puede crear un sistema de coordenadas suministrando valores específicos para los parámetros de una proyección (Mapinfo Profesional, 1995).

2 Los GPS (Global Positioning System) permiten, a quien dispone de uno o más receptores acordes a sus necesidades, determinar coordenadas geográficas con distintos niveles de precisión, durante las 24 hs del día y en cualquier punto del planeta. El método de cálculo de coordenadas es mediante el cálculo de las distancias entre el usuario y cuatro satélites. Los componentes de GPS son tres: 1) Segmento espacial; 2) Segmento de control; y 3) Segmento del usuario (IGM, 1997).

Figura 2: relación entre escala de mapa y tipo de elemento



Producción de información a partir de un SIG vectorial

El Sistema vectorial puede utilizarse en diferentes temáticas tales como:

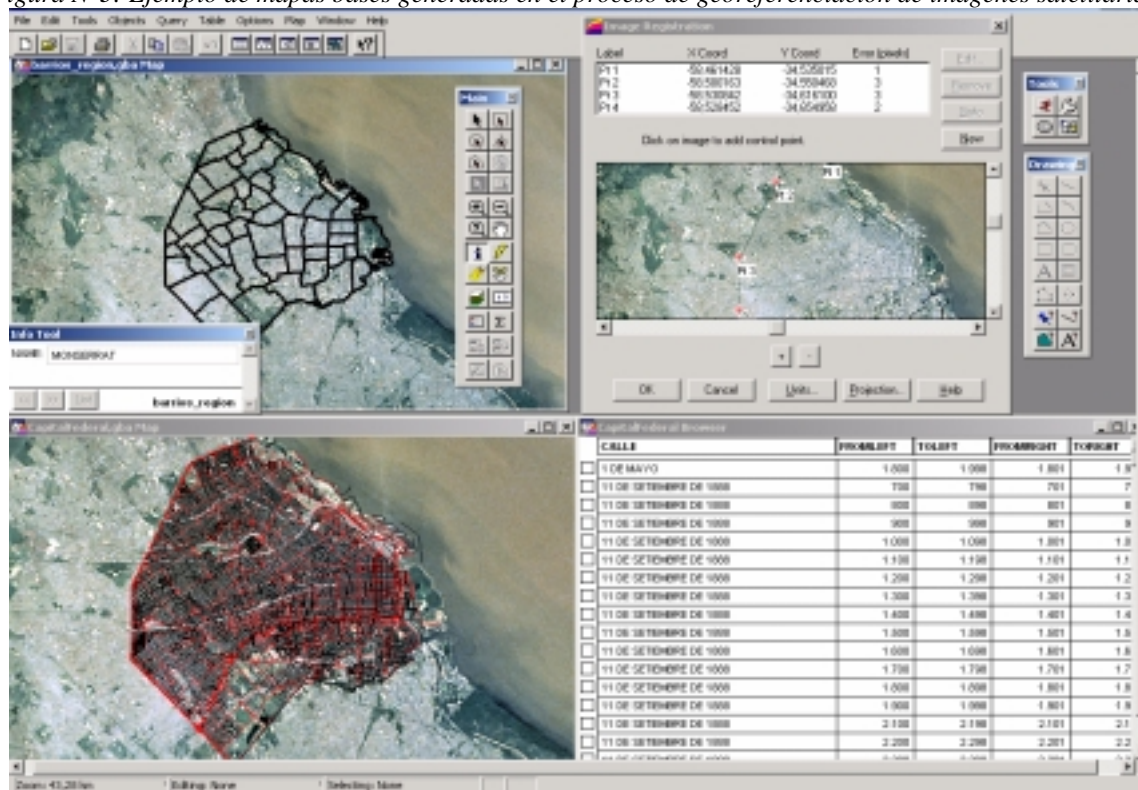
- Medio ambiente y recursos naturales
Cambios en el uso del suelo: expansión de las ciudades, abandono de tierras agrícolas, reforestación, incendios forestales.
- Catastro
Gestión de impuestos, informes socioeconómicos.
- Transporte
Cálculo de caminos óptimos, minimización del coste de la inversión, impacto medioambiental, impacto sobre el sistema social, mantenimiento de infraestructuras existentes, determinación de la posición, cálculo de rutas, sitios de interés.
- Redes de infraestructuras básicas
Gestión de redes eléctricas, distribución de aguas, gas.
Características espaciales de la red. Nuevos trazados, estudios de mercado, análisis de la red.
- Protección civil
Prevención de riesgos y gestión de catástrofes.
Posibles riesgos. Inundaciones, incendios, terremotos.
- Análisis de mercados
Expansión de empresas. Localización de clientes. Distribución de productos y servicios. Localización de la competencia.
- Planificación urbana
Cumplimiento de normativas urbanísticas. Mejora de las redes de transporte.

Para desarrollar estas áreas temáticas se necesita construir bases de información que interactúen entre sí mediante un parámetro cartográfico y luego anexarles todos los atributos necesarios para poder llevar a cabo cualquier tipo de análisis asociado a cualquier aplicación temática. Es decir, para desarrollar estas aplicaciones se necesita manejar el concepto básico de un SIG vectorial: la interrelación de las dos bases de datos, gráfica y alfanumérica.

La base gráfica

Para el análisis de los procesos socioespaciales en las CBA se trabaja sobre dos escalas principales: a nivel departamental y catastral. Para esto, se realizó la *georeferenciación* de diferentes fuentes cartográficas, las que constituyeron la base fundamental para la *digitalización* de los *mapas bases* o aquellos que sirven como “apoyatura” para generar nuevas bases de información. En la figura 3 se puede observar el proceso de *georeferenciación* de una imagen de la CBA para construir nuevas capas de información o asociarla a otra ya existente.

Figura N°3: Ejemplo de mapas bases generadas en el proceso de georeferenciación de imágenes satelitarias



La base alfanumérica

La base alfanumérica se construye a partir de información primaria producida como atributos de cada unidad espacial establecida (sea un polígono –división departamental-, una línea –calle o red vial-, o un punto –hito cartográfico-). La información primaria se obtiene a partir de los resultados provistos de Censos o encuestas, e informantes claves. Por ejemplo, por cada parcela urbana se puede obtener información acerca del grado de ocupación, edificación y actividad que se desarrolla (vivienda, comercio, industria, equipamiento urbano, etc.). Si es una vivienda, se identifican las características socioeconómicas de la misma, la cantidad de habitantes, cobertura de obra social, nivel de empleo. En los comercios o industrias se consulta sobre su rubro, la cantidad de personas ocupadas, el tipo de habitación, etc. En síntesis, se registra y se pregunta toda la información primaria que se consideró indispensable a fin de obtener un preciso estado de situación de los fenómenos bajo análisis. Paralelamente, se recopila información secundaria que también es volcada a la base alfanumérica, desde datos referidos a la educación, a la seguridad, salud, infraestructura de servicios, comercio, industria.

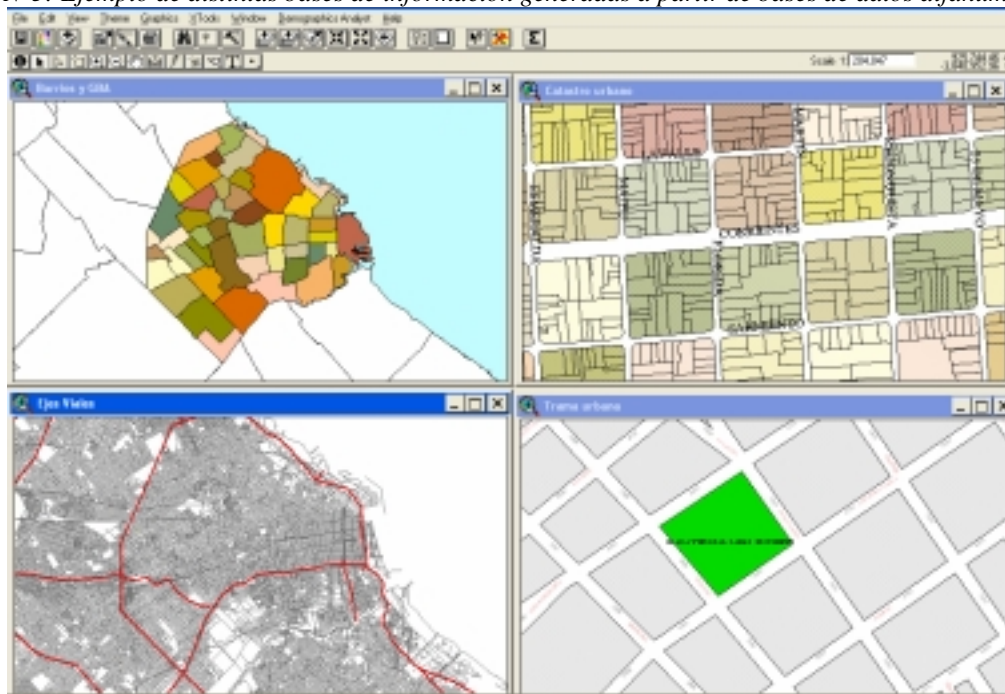
En la figura 4 se detalla una tabla de manzanas con información censal, uso del espacio (público o privado), división territorial (Barrios, Centros de Gestión y Participación, Circunscripciones policiales, Secciones catastrales) de la CBA. Cada fila o registro de la tabla pertenece en forma única a una manzana de la CBA y cada columna o campo es un atributo de la manzana.

Figura N°4: Ejemplo de una base alfanumérica georeferenciada

Barrio	Código	Elevación	Censo	Código	Población	Área	Muestreo	Altura	Categoría	Código	Localidad
POTERRAL	11	49	47	08	12	11				80	CAPITAL FEDERAL
SANEDRA	12	55	48	08	31	14			PARK GENERAL PAZ	81	CAPITAL FEDERAL
VILLA SANTA RITA	11	67	47	08	33	13				80	CAPITAL FEDERAL
SANEDRA	13	43	39	08	15					83	CAPITAL FEDERAL
SANEDRA	13	43	39	08	15					82	CAPITAL FEDERAL
SANEDRA	13	43	39	08	35	11				80	CAPITAL FEDERAL
SANEDRA	13	43	39	08	36	19				80	CAPITAL FEDERAL
ADONOMA	11	61	38	08	32	54				80	CAPITAL FEDERAL
VILLA DEVOTO	10	83	47	08	31	1				80	CAPITAL FEDERAL
VILLA DEL PARQUE	11	69	47	08	35	29				80	CAPITAL FEDERAL
VILLA DEVOTO	10	89	48	08	31				BU AV. GRAL. PAZ	82	CAPITAL FEDERAL
SANEDRA	12	43	39	08	13				BU AV. GRAL. PAZ	82	CAPITAL FEDERAL
SANEDRA	12	66	48	08	31	4				80	CAPITAL FEDERAL
VILLA PUEYREDON	12	75	47	08	12	47				80	CAPITAL FEDERAL
VILLA PUEYREDON	12	75	47	08	12	48				80	CAPITAL FEDERAL

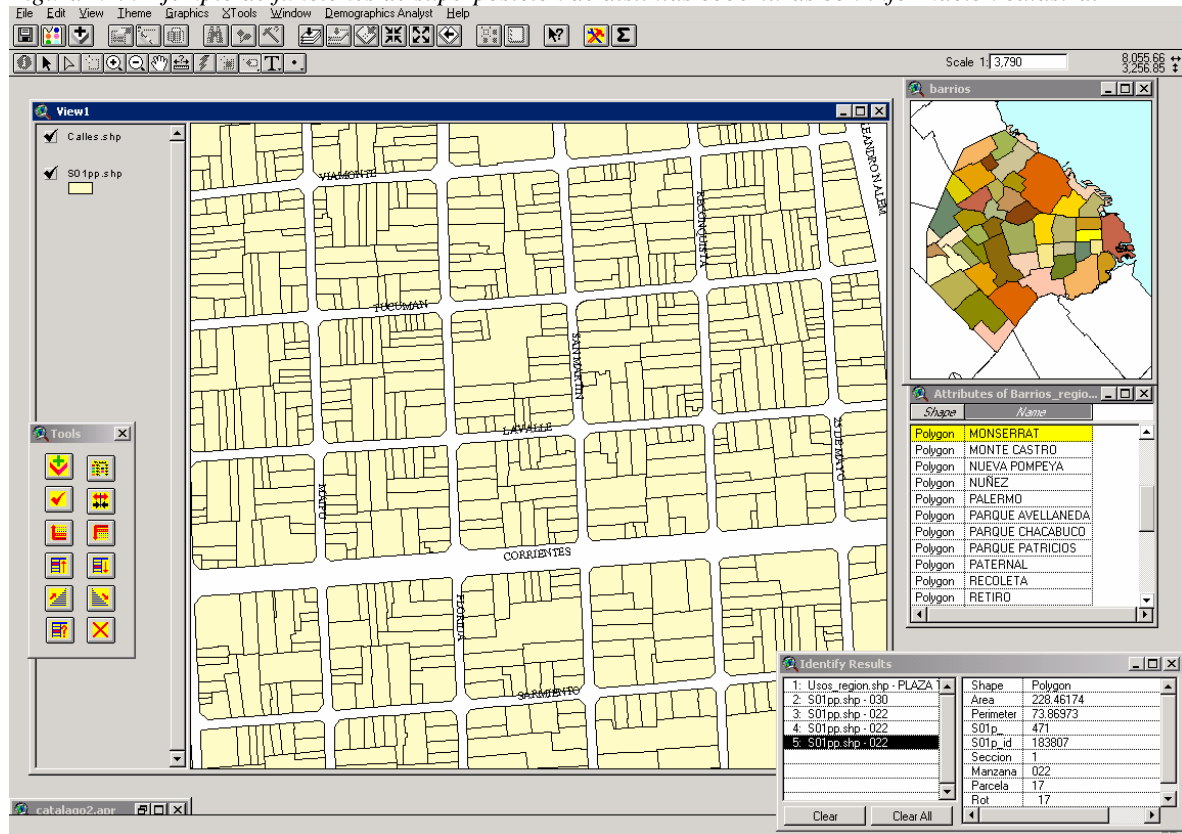
La base de datos alfanumérica presenta una estructura tal que permite realizar actualizaciones de la información, el agregado de nuevos campos de interés, así como también la fusión con otras bases de datos. Los datos que componen la base se encuentran íntimamente vinculados con una representación gráfica, y todo en su conjunto constituye lo que se ha denominado anteriormente como *cobertura*. La misma presenta la particularidad de que cada uno de los registros de la tabla está asociado a un elemento gráfico, y a través de la superposición de varias capas de información se obtiene una visión integradora de diversos procesos y relaciones espaciales como se demuestra en la figura 5.

Figura N°5: Ejemplo de distintas bases de información generadas a partir de bases de datos alfanuméricas



Los mapas desarrollados a través de este Sistema vectorial permiten obtener un documento cartográfico de gran utilidad para establecer relaciones entre dichas variables y su vinculación con procesos económicos y socioespaciales. En la figura 6 se muestran capas con información socioeconómica en relación con otras capas con datos censales. Además se verifica la selección o consulta condicional de un elemento en el mapa o base gráfica y su simultánea selección en la base alfanumérica o tabla posicionada en la parte inferior de la muestra.

Figura N°7: Ejemplo de funciones de superposición de distintas coberturas con información catastral



Aplicaciones del SIG vectorial

Ingreso de Datos

El SIG vectorial proporciona el medio para ingresar diversos tipos de datos:

Datos espaciales: El ingreso de datos espaciales dentro de los Sistemas vectoriales se logra a partir de los siguientes mecanismos:

- Digitalización un mapa.
- *Georeferenciación* de una imagen satelitaria o fotografía aérea.
- Escaneo de un manuscrito o fotografía aérea.
- Ingreso manual o automático de coordenadas cartográficas (x,y).
- Adquisición comercial de base de datos digitales (diskettes; CDs.).
- Obtención de base de datos digitales o gráficos de Organismos Oficiales.

Atributos de los datos: Se pueden ingresar en el SIG los atributos a partir de:

- Escribir los datos en la tabla de atributos vinculada a una base gráfica o *georeferenciada*.
- Usar archivos existentes en la computadora mediante el proceso de exportación de bases generadas en otros programas, tales como Excel, Access, etc.
- Lectura de datos almacenados en diskettes o CDs.

Despliegue de Datos

Se puede transmitir información y desplegar los datos gráficos o espaciales con sus atributos de dos formas:

- Mostrar los datos en la pantalla de la computadora.

- Crear copias del despliegue en papel.

Se puede desplegar en la computadora datos espaciales de las siguientes maneras:

- Visualizar en la pantalla de la terminal gráfica.
- Plotear (copias en papel tamaño A0 o mural, utilizando un plotter).
- Realizar archivos postscript (copias para publicaciones).

Se puede imprimir atributos o datos alfanuméricos de las siguientes maneras:

- Listados – desplegar los atributos en la pantalla.
- Reportes – poner los atributos en un formato especial para su publicación.
- Inserciones – atributos especialmente tratados para formar parte de un mapa.

Manipulación y análisis

Se puede manipular y analizar datos para:

- Obtener datos que sean más fáciles de trabajar.
- Obtener datos más útiles.
- Encontrar respuestas a preguntas específicas.
- Encontrar la solución a un problema en particular.

Las bases *georeferenciadas* tiene un sin número de características gráficas diferentes a partir de la carga de información alfanumérica que se halla efectuado previamente:

- Una porción de terreno.
- Un tipo de código de planeamiento en particular.
- Una empresa y su área de influencia.

La combinación de la información gráfica y alfanumérica ayuda a determinar, por ejemplo, qué porciones del terreno son susceptibles de inundarse. Esto sería una información muy útil para:

- Los propietarios de la tierra.
- Organismos Gubernamentales.
- Compañías de seguros.

Se puede calcular “la ruta óptima”, por ejemplo, viajando de un lugar a otro el chofer quiere tomar la mejor ruta de acuerdo a su itinerario. El análisis en un sistema de redes permite:

- Obtener la ruta más rápida para llegar al cliente.
- Encontrar la ruta más corta para abastecer varias bocas de expendio de gaseosas lo más rápido posible.

Obtención de mapas analíticos: En vez de crear un mapa que despliegue la información existente, crear uno que muestre los resultados del análisis. En los casos mencionados anteriormente, se podría presentar:

- Un mapa del terreno, mostrando las áreas susceptibles a inundaciones.
- Un mapa de las calles de la ciudad, mostrando la ruta óptima entre la estación de bomberos y el incendio.

Consultas. Localización. ¿Qué se encuentra en...?

Preguntas: Las preguntas que pueden contestarse con un SIG vectorial se clasifican en cinco categorías:

- Localización ¿qué se encuentra a...?
- Condiciones ¿en dónde existe?
- Tendencia ¿cómo ha cambiado...?
- Patrones ¿qué relación existe entre datos...?
- Modelos ¿qué tal si...?

Localización: La primera consulta es ¿qué existe en un lugar en particular?

Especificar la localización: Primero, se tiene que especificar la localización del objeto o región de la cual se quiere obtener la información. Los métodos usados más comúnmente son:

- Apuntar interactivamente al objeto o a la región.
- Escribir una dirección.
- Escribir las coordenadas del punto que se quiere localizar.

Respuesta esperada: Una vez localizado el objeto, se puede obtener una lista de:

- Todas sus características.
- Algunas características específicas.

Consideraciones finales

El SIG vectorial facilita la Gestión para el Desarrollo Económico-Territorial en funciones tales como:

- Elaboración de un plan de estrategias y políticas de desarrollo económico-territorial, relocalización de empresas, reordenamiento y fortalecimiento de la actividad productiva.
- Diseño de estrategias territoriales y de localización de grandes proyectos de desarrollo productivo.
- Establecimiento de alternativas de localización y prioridades para la implementación de proyectos de desarrollo productivos.
- Asignación y reasignación de espacios para el desarrollo de la actividad productiva en la ciudad.
- Diseño de estrategias de reconversión y reordenamiento territorial de grandes predios públicos y privados afectados a usos productivos.
- Formulación, gestión y evaluación de proyectos productivos de escala metropolitana.
- Formación de un banco de proyectos y establecimiento de prioridades para su desarrollo.

En síntesis, el SIG vectorial permite concebir y contribuir a una visión territorial de la CBA o de cualquier unidad político-administrativa y visualizarla tanto aisladamente, como formando parte integrante de un espacio metropolitano mayor, trazando diagnósticos y elaborando escenarios de partida para luego implementar estrategias de desarrollo territorial a diversas escalas a mediano y largo plazo, pudiendo ayudar a establecer diversos escenarios futuros. Por otra parte, es un instrumento apto para diseñar a partir de estas perspectivas un conjunto de políticas e instrumentos de gestión que articulen el desarrollo económico, territorial y social que permita conciliar y articular los intereses públicos y privados.

Bibliografía

- Bosque Sendra, J. (1992) *Sistemas de Información Geográfica*. Rialp, Madrid, España.
- Bosque Sendra, J. (1994) *Prácticas con Idrisi y Arc Info*. Rama, Madrid, España.
- Castells, M. (1995) *La ciudad informacional. Tecnologías de la información, reestructuración económica y el proceso urbano-regional*. Alianza, Madrid.
- Chicharro, E. (1992) “Obtención y tratamiento de la información geográfica”. En Puyol, R. (coordinador). *Geografía Humana*. Ediciones Pirámide S.A., Madrid.
- Comas, D. y E. Ruíz (1993) *Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica*. Ariel Geografía, Barcelona.
- ESRI (1995) *Manual de Introducción a ARC/INFO*. Estados Unidos.
- ESRI (1996) *Manual de Introducción a ArcView Gis*. Estados Unidos.
- Goulg M. y J. Gutierrez Puebla (1995) *Sistemas de Información Geográfica*. Ed. Síntesis, Madrid, España.
- Guinburg J. (1983) *Elementos de Cartografía aplicada al tratamiento de información*. Instituto de Geografía, FFyL, Buenos Aires.
- IGM (1997) *Atlas Geográfico de la República Argentina*. Buenos Aires.
- Lucioni, N. (1999) *Cuadernillo teórico de Sistemas de Información Geográfica*. Facultad de Filosofía y Letras, UBA, Buenos Aires, mimeo.
- Lucioni, N. (2002) “Experiencias áulicas en la enseñanza de Sistemas de Información Geográfica” Trabajo presentado en las IX Jornadas Cuyanas de Geografía, “La geografía frente a lo efímero y lo permanente”. Organizadas por el Instituto de Geografía y Secretaría de Extensión Universitaria de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Cuyo, Ciudad de Mendoza, Argentina, los días 25 al 28 de setiembre.
- Mapinfo Profesional. (1995) *Guía del Usuario*. Mapinfo Corporation. Troy, Nueva York. Estados Unidos de América.
- Puigdomenech, E. (2000) “Geografía, lenguaje gráfico y sistemas de Información Geográfica” en *Reflexiones Geográficas*. Agrupación de Docentes Interuniversitarios de Geografía, Río Cuarto, Argentina, 1999/2000.