

# Consideraciones sobre la incorporación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en las actividades universitarias

LUIGI ANDREA BRIGNARDELLO T.  
ANDREA GUTIERREZ L.

Instituto de Geografía  
Pontificia Universidad Católica de Chile

## RESUMEN

*Esta comunicación revisa el acelerado desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales han logrado, recientemente, una evolución como instrumentos de administración de datos espaciales. Se describen, al mismo tiempo, las ventajas operacionales de la aplicación de los SIG en las actividades universitarias (docencia, investigación y venta de servicios profesionales).*

*A través del análisis crítico de la utilización de los SIG en estas actividades, los autores dan algunas sugerencias sobre los inconvenientes que se han detectado. Asimismo, se señalan algunas recomendaciones que contribuyan a lograr una eficiente y adecuada implementación de un SIG.*

*Finalmente, se indican algunos desafíos venideros acerca del uso de los SIG. También es considerado el papel de la Geografía como ciencia espacial, señalando la participación del geógrafo en el proceso de desarrollo de los SIG.*

## ABSTRACT

*This paper study the fast development of Geographic Information Systems (GIS), which are at present a powerful instrument for the management of spatial data. Besides, operational advantages of GIS use in academic activities are described.*

*As a result of their study, the authors give some advising about troubles found in GIS applications. At the same time, they make comments on more efficient and appropriate use of GIS. Last, some future challenges on the use of GIS are discussed. Geography's role, as an spatial science, is also examined, emphasizing the role of the geographer in GIS development.*

## 1. INTRODUCCION

En la actualidad la incorporación de la computación en todos los ámbitos del quehacer del hombre ya es una realidad. En efecto, en la búsqueda de formas eficientes de manipular información para representar hechos reales, la ciencia ha generado diferentes técnicas que apoyan las metodologías de investigación con la finalidad de manejar (procesar) la información para obtener resultados fidedignos y confiables. La Geografía, al igual que el resto de las disciplinas científicas, no está ajena a los avances de la tecnología. Es así como en la necesidad de adquirir, administrar y generar información que, en el caso de nuestra ciencia tiene la particularidad de incluir un carácter espacial, la Geografía se ha apoyado en las herramientas tecnológicas que ayudan en la difícil labor de manejar gran volumen y diversidad de datos espaciales.

La computación ofrece la posibilidad de almacenar en forma organizada los datos numéricos de carácter geográfico en planillas de cálculo ca-

paces de realizar operaciones matemáticas y estadísticas. Asimismo, permite manejar datos alfanuméricos ordenados en campos y registros en archivos relacionales (bases de datos). Estas operaciones se han realizado desde hace ya una década; sin embargo, la integración espacial de la información sólo ha sido posible desde los años 70 con la generación de los programas de *cartografía automatizada*. Junto a estos softwares comenzaron a idearse los primeros sistemas de administración de bases de datos espaciales (SPDBMS), que constituyen los primeros sistemas específicos de manejo de bases de datos con carácter geográfico asociados a una topología gráfica (geométrica), que representa los hechos espaciales georreferenciados digitalmente.

La evolución de los Sistema de Información Geográfica (SIG) ha sido vertiginosa en los últimos diez años. Su incorporación en las instituciones de administración pública (ministerios y municipalidades), de docencia e investigación (universidades y organizaciones no gubernamentales) y de venta de servicios profesionales (con-

sultoras) ha facilitado las labores propias de cada una de ellas, disminuyendo el tiempo de trabajo y los costos de información, permitiendo la simulación automatizada, almacenamiento y generación de información territorial confiable.

Este interesante proceso está relacionado directamente con el desarrollo de la informática a todos los niveles de gestión y producción (automatización de oficinas, industrias, servicios de administración pública, comunicaciones, entre otros).

Consciente de las enormes posibilidades y ventajas que esta herramienta ofrece, junto a las necesidades del campo profesional, en 1990 el Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile incorporó a su currículo de pregrado un programa orientado a la enseñanza del uso de los SIG (Carvacho, L., 1992). Junto a ello, la adquisición del equipamiento necesario (hardware y software) y el perfeccionamiento en la aplicación de esta técnica, los docentes e investigadores de esta unidad académica comienzan a utilizar el SIG en sus investigaciones y proyectos de consultoría profesional. Es así como se han desarrollado diferentes investigaciones con la aplicación del SIG (Arc-Info) en el ámbito de la ordenación de zonas litorales e insulares, en el manejo de información espacial de carácter censal y electoral, y en la definición de áreas de riesgo natural. En docencia se han efectuado diferentes cursos prácticos con aplicación del SIG, además de la incorporación de cursos de servicio para la enseñanza de esta técnica y un curso mínimo de pregrado de carácter profesional. Así también, en proyectos de venta de servicio se han realizado Planes de Desarrollo Comunal, Planes Reguladores, Diagnósticos Comunales (Carvacho, L. y Sánchez, M., 1993) y, recientemente, Diagnósticos Regionales de Ordenación Territorial y Desarrollo Urbano en la VI y XI regiones, con apoyo del SIG.

## 2. LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

Los Sistemas de Información Geográfica son capaces de ingresar, almacenar organizada, administrar, procesar y desplegar información espacial de acuerdo al diseño establecido por el usuario para su operación y finalidad. Un SIG está conformado por tres componentes: el hardware (el equipamiento computacional), el software (set de módulos de aplicación) y la organización (contexto organizativo de operación).

El hardware necesario (Figura J) se compone de una unidad central de procesamiento (CPU),

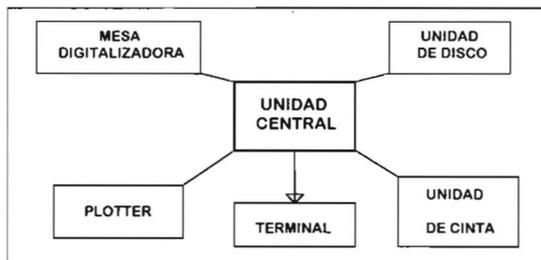


Figura 1: Principales componentes del hardware. (Adaptado de Burrough, 1986).

un monitor para el despliegue de la información y la interacción visual con el usuario, periféricos para el ingreso de la información alfanumérica (teclado, tape backup, disqueteras) y gráfica (scanners y mesas digitalizadoras), y periféricos para la entrega de información (impresora y plotter). Los requerimientos técnicos, tanto en número como en capacidad y potencia de los equipos, dependen de las necesidades del usuario y de los softwares.

El software específico (Figura 2) se compone de módulos de funciones o algoritmos que permiten:

- el ingreso y edición de datos;
- el almacenamiento, manejo de base de datos e interacción con el usuario;
- la transformación y generación de datos mediante superposición digital, el análisis de redes y la generación de modelos digitales de terreno, y
- la elaboración cartográfica y salida de datos.

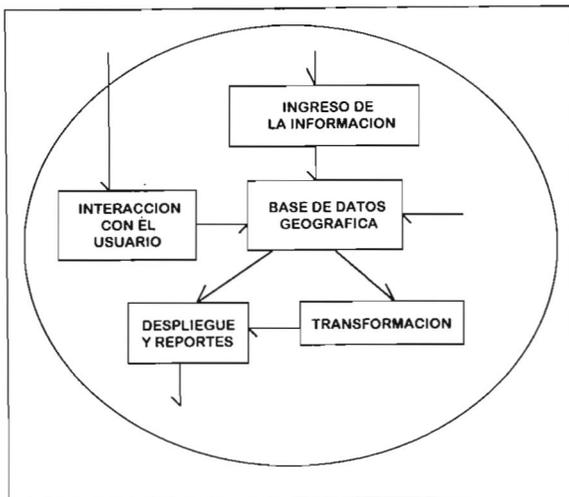


Figura 2: Principales componentes del software en un SIG. (Adaptado de Burrough, 1986).

La organización del SIG es de gran importancia (Figura 3). Usar un software específico con el equipamiento necesario no es garantía de que un SIG esté siendo bien utilizado. En efecto, la organización en una estructura lógica de funcionamiento con la participación de profesionales y técnicos capacitados es clave para decidir la aplicación del SIG en determinado proyecto. Es así como la administración del Sistema de Información Geográfica se transforma en el componente de evaluación, gestión y decisión.

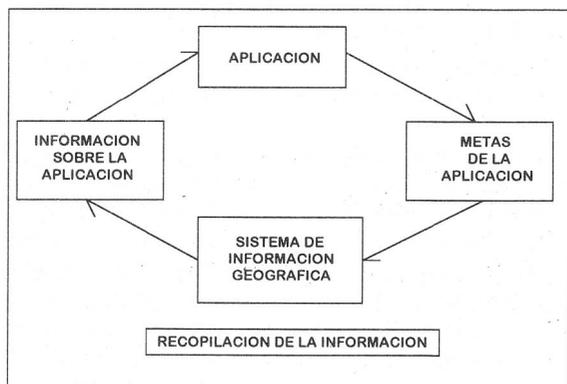


Figura 3: Contexto organizacional de un SIG. (Adaptado de Burrough, 1986).

### 3. VENTAJAS OPERACIONALES DE LA APLICACION DEL SIG EN LAS ACTIVIDADES UNIVERSITARIAS

Las actividades universitarias (docencia, investigación y venta de servicios profesionales a través de proyectos) han depositado en el SIG gran parte de la labor que antes realizaba un numeroso equipo de ayudantes y docentes-investigadores. Nuestro Instituto no está ajeno a esta realidad y cada vez más la utilización del SIG es requerida en los proyectos de investigación y de consultoría profesional. Así también un numeroso grupo de egresados de esta unidad académica ha sido capacitado en el manejo de esta herramienta. Las razones de la incorporación de los SIG en la actividad universitaria (no solamente en los centros de docencia geográfica) se deben buscar en las ventajas operacionales de estos sistemas informáticos.

Las principales ventajas de incorporar un SIG en proyectos de ámbito geográfico (ordenación territorial, manejo de recursos naturales, diagnósticos espaciales integrados, evaluación de riesgos naturales, planificación y gestión regional, urbana y local, etc.) se pueden resumir en tres aspectos: disminución del tiempo de trabajo (rápido acceso y recuperación de la información), la reducción

del trabajo manual, la reducción de costos en el procesamiento de datos y la velocidad de realización de procesos de análisis), precisión y resolución (automatización en los procesos de ingreso, almacenamiento, generación y análisis de la información) e integración de la información (mejor ordenación de los datos georreferenciados, mantenimiento de los datos en archivos en forma compacta y en un lugar único).

Sin embargo, la aplicación no organizada y por desconocimiento de las ventajas operacionales reales de un SIG se traducen en una subutilización del sistema en términos de su capacidad de almacenamiento, análisis y generación de información. En efecto, un SIG, más que un programa computacional de cartografía automatizada, es un conjunto de herramientas que permite realizar gran cantidad de procesos de análisis geográficos y cartográficos. Las funciones cartográficas de catastro (inventario) de datos espaciales, de experimentación (comparación y simulación) de hechos geográficos y de correlación (asociación y explicación) de la realidad geográfica, pueden ser realizadas por un SIG.

### 4. REFLEXIONES ACERCA DE LA APLICACION DEL SIG EN ACTIVIDADES UNIVERSITARIAS

Considerando el acelerado desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica en el mundo y en nuestro país, nos permitimos reflexionar sobre los trastornos y beneficios operacionales de la incorporación de los SIG en la docencia, investigación y venta de servicios profesionales.

La utilización de los Sistemas de Información Geográfica en la docencia debe estar orientada a dos objetivos esenciales: adquirir el conocimiento fundamental básico y realizar aplicaciones prácticas en estos instrumentos de análisis. Es así como se requiere no sólo de un curso de instrucción en estas herramientas, sino que el aprendizaje, por lo que nos revela la experiencia, es un proceso paulatino, metódico y sistémico. En una primera etapa es esencial adiestrar a los educandos en el manejo básico de la información (ingreso y manipulación), junto con enseñarles los conceptos teóricos. Una segunda etapa, una vez que los alumnos han adquirido las bases fundamentales de la ciencia geográfica, debe incluirse el procesamiento y generación de nueva información. Finalmente, los futuros geógrafos deben aplicar en la práctica el uso de los Sistemas de Información Geográfica. Debemos recordar que actualmente muchos profesionales y técnicos emplean los SIG en sus labores; sin embargo, es tarea del geógrafo la aplicación metodológica, análisis, explicación

e interpretación de los resultados obtenidos a través de la aplicación de un SIG en determinado proyecto. Insistimos en este punto, ya que hoy día muchos jóvenes geógrafos participan sólo en la ejecución inicial de proyectos con aplicación del SIG, esto es, el ingreso, almacenamiento, depuración y despliegue de información, sin intervenir en la fase final de estos estudios.

La enseñanza del SIG en la universidad es, sin duda, un enorme beneficio para los futuros profesionales. El campo ocupacional exige cada vez más el conocimiento de esta herramienta por parte de los jóvenes geógrafos (esto es extensivo para los cartógrafos en sus quehaceres). Ciertamente la geografía tiene diferentes formas de realizar su acción y los SIG no son una nueva forma de labor geográfica, pero se insertan como una herramienta utilísima, requerida y práctica (Santis, H., 1981).

La actividad investigativa de carácter geográfico realizada en las universidades y en otros centros de investigación tiene en los SIG un soporte aún ignoto. Al respecto, se puede afirmar que toda investigación de expresión espacial (geográfica) puede apoyarse en un SIG. La factibilidad de su aplicación dependerá, sin embargo, del conocimiento básico que el investigador posea de estos sistemas. En este punto, es esencial el contexto organizativo de un Sistema de Información Geográfica en la toma de decisiones, organización y administración de proyectos de investigación.

Actualmente muchas de las investigaciones realizadas por geógrafos en nuestro país se apoyan en las bondades de los SIG. Ello se explica en los beneficios que estas herramientas proporcionan (potencia de análisis, disminución de los tiempos de trabajo y costos de producción, precisión y resolución en los análisis y excelente calidad de presentación de resultados). En este sentido, la incorporación de SIG en las investigaciones tiene la ventaja de almacenar la información en un sitio único, actualizarla y generar nueva información. Ello es altamente beneficioso cuando el investigador sigue una línea de trabajo a través del tiempo.

La integración del SIG en la venta de servicios profesionales de la Universidad (que cada vez es más requerido por parte de las entidades públicas) es también de gran utilidad. Al respecto, como ya se ha dicho, la velocidad y capacidad de análisis, almacenamiento y generación de información espacial para acortar los tiempos de ejecución, así como en la calidad de presentación de productos finales que algunos SIG permiten, son las principales ventajas de su incorporación a este tipo de proyectos.

Dado el reciente auge de esta clase de actividad, se han detectado algunas confusiones y problemas derivados de la falta de conocimiento básico de las capacidades de los SIG. Estos trastornos pueden resumirse, según Carvacho y Sánchez (1993), de la siguiente manera:

1. Generación de información adicional inútil;
2. Digitalización (ingreso de la información digital) de información innecesaria;
3. Uso del SIG sólo como instrumento de cartografía automatizada, y
4. Elaboración de cartografía en las etapas intermedias de la ejecución del proyecto.

Estos problemas tienen un origen común, que es necesario resolver para obtener el mayor provecho de los Sistemas de Información Geográfica. Cualquier proyecto de consultoría profesional que requiere del uso de los SIG (y esto es válido para cualquier proyecto de investigación) debe ser incorporado en el momento de elaboración del proyecto (léase elaboración de la propuesta técnica), de manera que se evalúe la factibilidad de realizar operaciones SIG en forma coordinada con las distintas etapas del proyecto. Cada proyecto necesita de distintos modelos de aplicación del SIG con una trayectoria consecuente con las fases de entrega de avances parciales, sin perjuicio de la secuencia metodológica estándar de ingreso de la información en cualquier aplicación de SIG<sup>1</sup>. En este contexto, es necesario considerar un aspecto fundamental: mantener claros los objetivos de investigación, a fin de no cometer estos errores operacionales.

## 5. DESAFIOS VENIDERS

El aumento de la problemática ambiental y la toma de conciencia sobre este tema, por parte de los actores políticos y económicos (y la sociedad en general), han producido la necesidad de contar con estudios ambientales integrados e información temática actualizada, fiable y precisa. Dada esta situación, los instrumentos de planificación territorial constituyen herramientas fundamentales para la gestión y ordenación del territorio.

1 Esta incluye la preparación de la información necesaria, definición y preparación de las bases de datos, digitalización de la información gráfica, verificación y corrección de errores de edición, llenado de bases de datos, creación de topología y georreferenciación (N. de los A.).

En este contexto, los geógrafos tienen mucho que aportar, considerando que los conceptos y métodos de la Geografía son aplicados en la planificación regional, urbana y local (Arenas, F., 1995).

Los Sistemas de Información Geográfica, debido a sus ventajas operacionales, se transforman en el principal soporte técnico para la realización de estudios ambientales, análisis espacial, planificación territorial y estudios de localización de actividades (Figueroa, R., 1993).

Considerando estos antecedentes, la optimización de los Sistemas de Información Geográfica en el ámbito universitario es una tarea pendiente. Al respecto, mejorar las condiciones técnicas de un laboratorio de SIG en términos de equipos de gran capacidad de almacenamiento y de velocidad de procesamiento de la información permitirán perfeccionar y aumentar la rapidez del trabajo (Gutiérrez, A., 1996). Por otra parte, contar con un "banco de datos" espaciales que cubra gran parte del territorio nacional a escalas de reconocimiento (por ejemplo, 1:250.000) posibilitará la disminución de tiempo de ingreso y depuración de la información de base, siendo necesaria sólo la actualización sistemática y la readecuación en detalle de mayor información al momento de iniciar un proyecto.

Finalmente, la organización del SIG resulta una actividad fundamental para la optimización del sistema (planificación, administración, dirección, ejecución y control). En este sentido, es primordial el recurso humano para el buen funcionamiento del SIG, ya que de este recurso depende el desarrollo de las actividades que se realizarán en él. Por lo tanto, es esencial la capacitación a través de la instrucción sistemática y de la experiencia adquirida en un laboratorio de SIG (Gutiérrez, A., 1996).

## 6. A MODO DE CONCLUSION

La aplicación de la tecnología en las actividades universitarias, principalmente investigación y docencia, es una necesidad del mundo actual que rápidamente se ha venido incorporando. En efec-

to, la docencia vía redes de computación, el empleo de multimedia en las aulas de clases, la utilización de equipos computacionales y softwares específicos en la investigación científica ya son una realidad.

La Geografía no debe quedar al margen de estos progresos informáticos. Es así como la incorporación de los Sistemas de Información Geográfica a los quehaceres de los geógrafos facilita las labores profesionales, de investigación y de docencia. Sin embargo, existen aún algunos desafíos no resueltos que dicen relación con la optimización de estos sistemas y con su utilización práctica y operativa. Al respecto, la compatibilización entre el contexto organizacional de los SIG y las actividades universitaria es la solución a los trastornos producidos por la subutilización de estas poderosas herramientas.

## BIBLIOGRAFIA

- ARENAS V., F. (1995): "Desafíos para la planificación y la gestión regional: posibilidades para la Geografía". En: *Revista de Geografía Norte Grande*, 22:41-45. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- CARVACHO B., L. (1992): "Algunas consideraciones sobre el proceso de aprendizaje de Arc-Info: Una experiencia universitaria". En: *Anales del XIV Congreso de Geografía y V Jornada de Cartografía Temática*. Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas, pp. 147-154.
- CARVACHO B., L. Y SANCHEZ M., M. (1993): "Apreciaciones acerca de la aplicación de un Sistema de Información Geográfica en la formulación de proyectos de desarrollo local". En: *Anales del XV Congreso de Geografía y VI Jornada de Cartografía Temática*. Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas, pp. 81-84.
- FIGUEROA M., R. (1993): "Sistemas de información geográfica: Algunas aplicaciones en planificación y gestión urbana". En: *Revista de Geografía Norte Grande*, 20:25-32. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- GUTIERREZ L., A. (1996): Instalación y administración de un laboratorio de SIG para docencia e investigación geográfica y venta de servicios. Informe de Práctica Profesional. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile, 26 pp.
- SANTIS A., H. (1981): "Tradiciones en geografía: los modos del quehacer geográfico". En: *Revista de Geografía Norte Grande*, 8:57-67. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile.