

January 1999

## Los sistemas de información georeferenciada - SIG

Rubén Darío Londoño P.

*Universidad de La Salle, Bogotá, revista\_uls@lasalle.edu.co*

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ruls>

---

### Citación recomendada

Londoño P., R. D. (1999). Los sistemas de información georeferenciada - SIG. Revista de la Universidad de La Salle, (28), 53-62.

This Artículo de Revista is brought to you for free and open access by the Revistas de divulgación at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Revista de la Universidad de La Salle by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

# Los sistemas de información georeferenciada - SIG

*Rubén Darío Londoño P.  
Ingeniero Geógrafo, MSc. Ambiental  
Profesor de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria  
Universidad De La Salle*

## Aspectos generales

**L**a sigla SIG designa en su sentido más amplio, a todos los Sistemas de Información geográfica o Georeferenciada (Geographic Information System -GIS-) pero, con especial referencia a aquellos que son asistidos por computador.

Según Burrough (1), un SIG "Es un poderoso conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, extraer, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real, para un particular propósito"; por su parte, para el IGAC (3), "Se trata de la combinación de recursos humanos y técnicos que interactúan siguiendo una serie de procedimientos sistemáticos claramente definidos, para producir una gran va-

riedad de información que sirva como soporte de actividades administrativas o de planeación, al momento de tomar decisiones".

Una definición que quizá conjuga las dos anteriores es la que propone la NCGIA (5), al afirmar que un SIG "Es un sistema de hardware, software y de procedimientos elaborados para facilitar la obtención, modelado, represen-

tación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión”.

Finalmente, tratando de sintetizar los conceptos anteriores, se puede afirmar que un SIG es una poderosa herramienta de software, diseñada para facilitar y agilizar la manipulación y análisis de información georeferenciada con múltiples propósitos y para cuya optimización de resultados, requiere de la participación de recurso humano altamente capacitado en ciencias de la tierra y del medio ambiente.

Si bien en el presente artículo se hace referencia especial a los SIG asistidos por computador, conviene recordar que también existen, o, han existido, sistemas de información georeferenciada manuales, cuyos orígenes se pueden ubicar, inclusive, en la cartografía desarrollada por los griegos, la cual necesariamente, incorporaba hechos y fenómenos relacionados con espacios geográficos de referencia.

El desarrollo de la cartografía general, es decir, la relacionada con los ma-

pas topográficos y sobre todo la que logró integrar ciencia y tecnología (v.g. geodesia, topografía y fotogrametría) hacia mediados del presente siglo, le confirió una mayor precisión a la representación cartográfica y, con ello, una mayor capacidad para la georeferenciación de fenómenos espaciales. Estos avances plantearon nuevos retos, relacionados con la necesidad de contar con información básica, tales como los sistemas de proyección cartográfica y la red geodésica, adoptadas y creadas para cada país, condicionando de manera adicional la necesidad de crear nuevas tecnologías para el levantamiento y almacenamiento de información básica para la elaboración de mapas, así como de técnicas adecuadas para la producción y reproducción cartográfica.

Los desarrollos tecnológicos asociados a la cartografía, así como los vertiginosos avances de la informática, sumados al no me-

---

*Los Sistemas de Información Georeferenciada o Sistemas de Información Geográfica - SIG -, son una herramienta poderosa de software de gran utilidad para el manejo de grandes volúmenes de información espacial y no espacial, y se constituyen hoy en día en un soporte de gran valor para la toma de decisiones, sobre todo en aquellos ámbitos en los cuales se hace necesaria la consideración de diversas alternativas de selección, tal y como sucede con los problemas a los que comúnmente se ve enfrentado el Ingeniero Ambiental y Sanitario.*

---

nos importante avance de las ciencias de la tierra y del medio ambiente, sirvieron de base para que expertos de estas disciplinas trabajaran conjuntamente en la creación de sistemas automáticos que permitieran satisfacer las necesidades planteadas por cada una de las áreas del conocimiento aludidas.

La fotogrametría, la percepción remota, la cartografía automatizada (general y temática), son disciplinas que han contribuido enormemente al desarrollo de las ciencias de la tierra y del medio ambiente. En efecto, la geografía, la geología, la edafología, la ecología, así como diferentes ramas de la ingeniería (ambiental, civil, catastral, eléctrica, geológica y de minas), se han valido de los avances tecnológicos de aquellas, al tiempo que les han propuesto nuevas inquietudes derivadas de la necesidad de contar con nuevas herramientas que les permitiera una mayor capacidad de manejo y análisis de la información, así como de mejores posibilidades para la interpretación de sus resultados. De todas maneras, esta "simbiosis" no podría ser completa, sin la decidida participación del área de la informática, cuyo concurso fue definitivo en el diseño de los programas de software requeridos para los SIG.

La cartografía asistida por computador -CAC-, sumada a los recursos de software para el diseño gráfico asistido por computador -CAD-, constituyen los elementos de origen de los SIG. En nuestro medio, los CAD aparecieron hacia mediados de la década de los años ochenta y, si bien no habían sido diseñados de manera exclusiva para

aplicaciones cartográficas, fueron de gran utilidad para la captura, almacenamiento y consulta de información georeferenciada. Un ejemplo de estas aplicaciones se relaciona con el Proyecto de Formación y Actualización Catastral de más de un millón de predios de Bogotá, hacia el año de 1986.

No obstante lo anterior, hay que precisar que los SIG y los CAD se diferencian porque aquellos tienen la capacidad de manejar volúmenes más grandes de información y porque están dotados de procedimientos de análisis complejos que les permiten manipular información gráfica y alfanumérica, tratando la primera de ellas, aún, como objetos definidos por atributos que permiten su diferenciación entre sí. Para los CAD, su salida principal son los mapas, en tanto que para los SIG, además de éstos, poseen la capacidad de generar reportes o resultados del análisis y cruce de información gráfica-gráfica, alfanumérica-alfanumérica o gráfica-alfanumérica.

La figura 1 ilustra de manera esquemática, los procesos desarrollados por un SIG.

## Fundamentos de los SIG

Al espacio geográfico se le puede definir como al conjunto de áreas diferenciadas, singulares y únicas, resultantes de la asociación de elementos naturales y humanos modelados, históricamente y que se expresan materialmente en regiones o paisajes (Estebanez J. 1981). El espacio geográfico in-

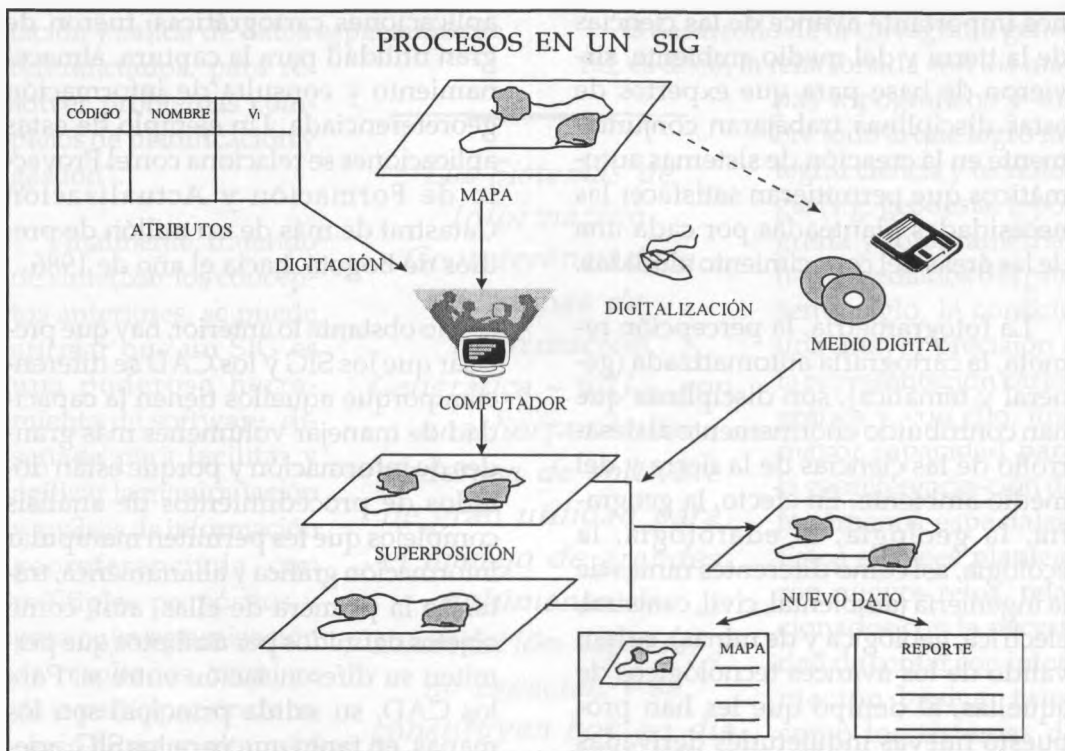


Figura 1. PROCESOS EN UN SIG

Fuente: IGAC, 1998

cluye dentro de sus elementos (estructura) y relaciones funcionales (hechos), a todos aquellos fenómenos que, de una u otra manera, tienen su manifestación física en la superficie terrestre, es decir, que tienen expresión espacial.

La caracterización de dichos espacios geográficos, así como su representación cartográfica (modelización) ha sido tradicionalmente tarea de la geografía; sin embargo, los problemas asociados a la gestión y manejo de los recursos naturales y del medio ambiente, ha hecho necesaria la participación de otras disciplinas científicas y técnicas para lograr un conocimiento adecuado de la imagen - objeto de la realidad que se quiere manejar, para la pre-

servación del ecosistema terrestre. Los SIG brindan esta posibilidad de manejo de la información georeferenciada, en atención a las siguientes características (3):

- i) Todo elemento geográfico ocupa un lugar en la superficie de la tierra o bajo de ella y, por lo tanto, tiene una posición absoluta definida por sus coordenadas.
- ii) Al estar en el espacio, todos los elementos están interactuando entre sí, guardando unas relaciones de vecindad con los demás objetos, determinando una posición relativa.
- iii) Todo elemento tiene una forma geométrica y puede ser represen-

tado por un punto (un árbol), una línea (un río) o un polígono (un bosque).

- iv) Los elementos del espacio geográfico poseen atributos que permiten diferenciarlos entre sí, tales como tamaño, valor, color y forma, los cuales no son susceptibles de ser mapeados.

La simbología utilizada tradicionalmente en cartografía (semiología gráfica), permite la representación de los elementos geográficos dentro del sistema. Los símbolos de punto, de línea o de área los identifican o referencian espacialmente, en tanto que a estos les son definidas sus características o atributos particulares en forma de información alfanumérica. Adicionalmente, a partir de la definición de unidades espaciales de referencia (entidades espaciales), es posible caracterizar otros elementos o hechos geográficos, a través de atributos no mapeables que están referidos a estas entidades espaciales. En consecuencia, la información manejada por los SIG posee características geométricas (referidas a un sistema de coordenadas), cartográficas (simbología con la cual se representan los objetos o hechos geográficos) y topológicas, las cuales definen las relaciones que hay entre los diferentes elementos y las de éstos con sus vecindades.

## Configuración de un SIG

Un Sistema de Información Georeferenciada posee por lo general, los si-

guientes módulos:

- i) Captura de datos
- ii) Almacenamiento de datos
- iii) Modelamiento y análisis de datos
- Salida y presentación de resultados

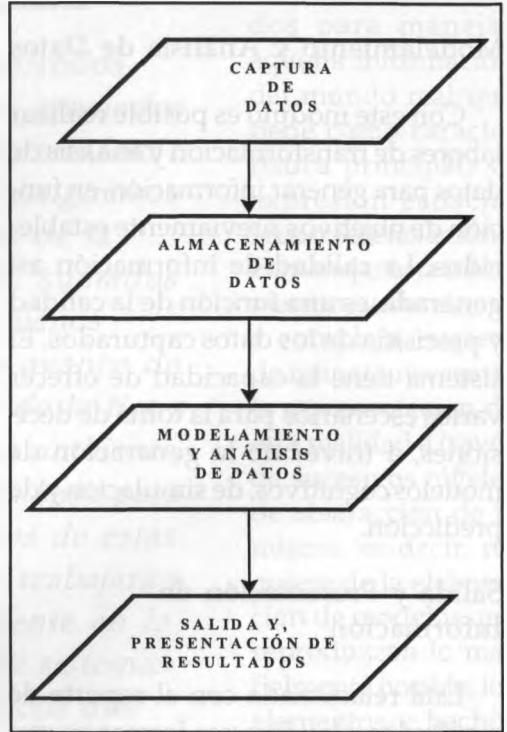


Figura 2. CONFIGURACIÓN DE UN SIG

### Captura de Datos

Toma los datos de su formato original y los convierte a una forma digital compatible con el sistema operacional del computador. Los datos fuente provienen de mapas ya elaborados, fotografías aéreas, imágenes de satélite, matriz de datos (atributos) y observaciones de campo.

## Almacenamiento de Datos

Los datos previamente capturados son estructurados y organizados en el sistema para conformar una base de datos, la cual puede ser manejada en forma ágil por los usuarios con el fin de realizar análisis o para extraer información a partir de la misma.

## Modelamiento y Análisis de Datos

Con este módulo es posible realizar labores de transformación y análisis de datos para generar información, en función de objetivos previamente establecidos. La calidad de información así generada, es una función de la calidad y precisión de los datos capturados. El sistema tiene la capacidad de ofrecer varios escenarios para la toma de decisiones, a través de la generación de modelos cognitivos, de simulación y de predicción.

## Salida y Presentación de Información

Está relacionada con el reporte de resultados y las diversas formas en que es posible desplegarlos para los usuarios. Estos pueden presentarse en forma análoga o digital, a través de mapas, textos, tablas, figuras, o, como simples datos.

## Componentes de un SIG

En atención a los conceptos expresados de manera previa con relación a

lo que es un SIG, es fácil interpretar que sus componentes básicos están constituidos por: recurso humano (usuarios), hardware (equipos), software (programas computarizados), datos, infraestructura física y estructura administrativa organizacional (empresarial/institucional).

### Recurso Humano

Generalmente se refiere a personal debidamente capacitado, no sólo en la operación de la aplicación (software), sino también en un área del conocimiento relacionada, de tal forma que sea posible la optimización de resultados del SIG. En últimas, lo que garantiza la calidad de estos resultados es la idoneidad del recurso humano involucrado en el Sistema, ya que la utilización de un SIG es la mediatización de los conceptos y modelos creados e implementados por los usuarios del mismo.

### Hardware / Equipos

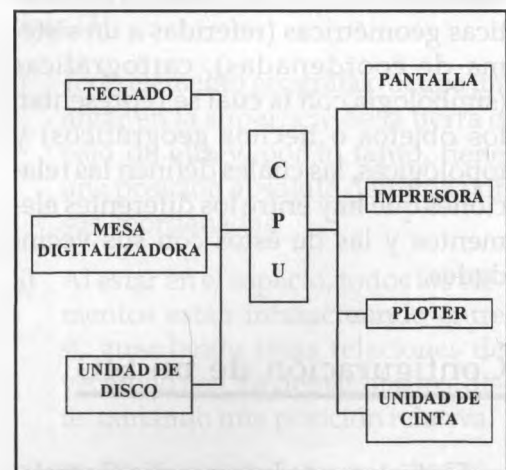


Figura 3.

## Software (Programas)

Actualmente se cuenta con una buena oferta de programas para SIG, los cuales están disponibles comercialmente en el país. Los productos de amplia utilización son IDRISI, ILWIS; SPANS; ARC/INFO y ARC/VIEW; los tres primeros funcionan solamente sobre plataforma PC, en tanto que los restantes, además de operar sobre esta plataforma, también lo hacen sobre estaciones de trabajo, proporcionándole una mayor capacidad de procesamiento y trabajo multiusuario.

## Datos

Constituyen la "materia prima" de los SIG y, tal como se expresó de manera previa, proceden de fuentes de información diversa (mapas, imágenes de sensores remotos, estadísticas, datos de campo), los cuales son estructurados y organizados en bases de datos relacionales, para su manipulación adecuada por parte de los usuarios.

## Infraestructura física

Corresponde al espacio físico disponible para la instalación de equipos y la ubicación del recurso humano, el cual debe ser organizado de manera funcional y de tal forma que permita la

interacción entre los diferentes usuarios y, la de éstos, con las facilidades de hardware y de software.

## Modelos y SIG

---

*Los desarrollos tecnológicos asociados a la cartografía, así como los vertiginosos avances de la informática, sumados al no menos importante avance de las ciencias de la tierra y del medio ambiente, sirvieron de base para que expertos de estas disciplinas trabajaran conjuntamente en la creación de sistemas automáticos que permitieran satisfacer las necesidades planteadas por cada una de las áreas del conocimiento aludidas.*

---

Se ha dicho que los SIG fueron creados para manejar aquella información del mundo real que tiene como característica principal, su expresión espacial (georeferenciación). El manejar esta información, voluminosa y compleja, sugiere de manera necesaria la representación de esta realidad a través de sucesivos niveles de abstracción de la misma, es decir, requiere de la elaboración de modelos que reproduzcan lo más fielmente posible, los elementos y hechos geográficos de esa realidad objetiva. Es en esta fase es donde cobra validez la idea de que tal vez sea más importante contar con una buena preparación en un área del conocimiento específico (cuando

no se trate de buenos generalistas) que, entrar a hacer uso de la tecnología SIG de manera directa y sin ningún tipo de



conocimiento relacionado con las ciencias de la tierra y del medio ambiente. En efecto, para una óptima utilización de los SIG es conveniente adelantar un proceso lógico de conceptualización que conduzca posteriormente a la elaboración de modelos que facilitaran no sólo el manejo de los datos, sino el análisis, la interpretación de resultados y la generación de información.

La secuencia a seguir se inicia con una primera aproximación conceptual denominada modelo temático (4), al

los elementos seleccionados sus atributos y relaciones de espacialidad de manera tal, que sean entendidos por los usuarios.

La ventaja que ofrecen los SIG en este sentido es que, además de representar los elementos u objetos del terreno a través de símbolos gráficos (base de datos gráfico), también es posible relacionar a éstos, un a serie de atributos que lo caracterizan (base de datos alfanumérico) y les dan identidad propia.

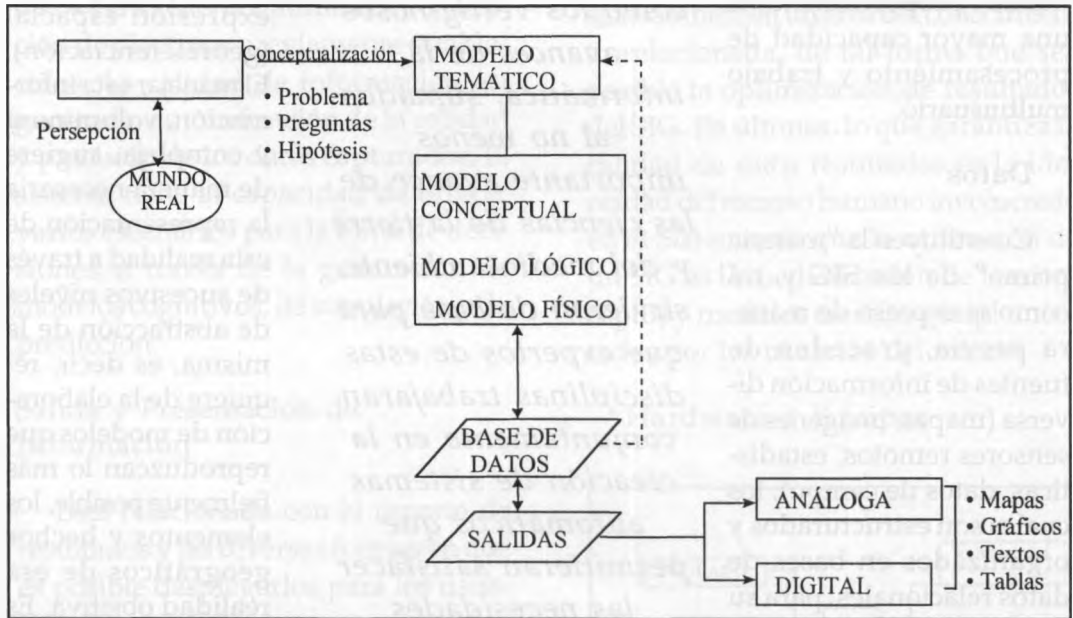


Figura 4. MODELIZACIÓN EN SIG

cual le sigue la elaboración de un modelo conceptual, un modelo lógico y un modelo físico (figura 4).

### Modelo Conceptual

Consiste en la representación fiel de la realidad con un alto grado de abstracción de la misma y definiendo para

### Modelo lógico

Corresponde a la descripción minuciosa de las entidades (unidades de mapeo: de paisaje, fisiográfica, municipio, vereda, barrio, manzana, predio) y el diseño detallado de las bases de datos que contendrán la información alfanumérica y los niveles de informa-

ción gráfica que se capturarán. Para efectos del diseño, se deben describir los atributos que caracterizan cada entidad, los identificadores, conectores, tipo de dato (numérico o carácter) y su longitud; además, se define la geometría (punto, línea o área) de cada una de ellas.

### Modelo físico

Consiste en la implementación de los dos modelos anteriores en el software seleccionado, así como también de la selección del equipo requerido para llevar a cabo los procesos previstos, en una forma eficaz y eficiente.

## FUNCIONES DE ANÁLISIS DE UN SIG

### 1. Mantenimiento y análisis de datos espaciales

- Transformaciones de formatos
- Transformaciones geométricas
- Transformaciones entre proyecciones
- Edición de elementos gráficos
- Generalización de coordenadas

### 2. Mantenimiento y análisis de datos no espaciales

- Funciones de edición de atributos
- Funciones de consulta

### 3. Análisis integrado de datos espaciales y no espaciales

- Recuperación
- Clasificación
- Medición
- Funciones de superposición
- Operaciones de vecindad

- Búsqueda
- Funciones Topológicas
- Polígonos de Thiessen
- Interpolación

### · Funciones de conectividad

- Contigüidad
- Proximidad
- Redes
- Dispersión
- Intervisibilidad
- Iluminación
- Vista en perspectiva

### 4. Formatos de salida

- Ilustración de mapas
- Rótulos de textos
- Patrones textuales
- Símbolos gráficos

## Aplicaciones de los SIG

En tanto Sistemas de Información Georeferenciada, han de servir a todos aquellos usuarios que se interesan por el comportamiento espacial de diferentes hechos o fenómenos que se suceden sobre la superficie de la tierra y que pueden ser analizados tanto por su individualidad, como por las múltiples interrelaciones que éstas plantean con los demás fenómenos u objetos del espacio geográfico.

- ✓ Estudios de Impacto Ambiental
- ✓ Evaluación Ambiental de ecosistemas
- ✓ Inventario y Evaluación de Recursos Naturales
- ✓ Diagnóstico Ambiental de Alternativas
- ✓ Estudios de Calidad del Aire
- ✓ Gestión de Recursos Naturales
- ✓ Gestión de Servicios Públicos municipales
- ✓ Planes de Contingencia
- ✓ Seguimiento de Planes de Manejo Ambiental

Si bien en nuestro medio no está generalizado su uso en las aplicaciones antes mencionadas, experiencias de otros países, así como las mismas posibilidades que brindan los SIG, a través de sus funciones básicas, señalan un gran potencial para su utilización masiva en el futuro cercano, en el área de la ingeniería Ambiental y Sanitaria. ♦

## Bibliografía

(1) Burrough, P.A. "Principles of Geographical Information Systems for Land Resource

En este orden de ideas, hay que decir que los SIG son utilizados actualmente en áreas y disciplinas tales como la geografía, cartografía, biología y botánica, silvicultura, planificación territorial, ingeniería civil, de transporte, eléctrica, catastro, arqueología, geología, agronomía, arquitectura, educación, política y comercio, entre otras actividades.

De manera específica, en el área de la Ingeniería Ambiental y Sanitaria presta un gran servicio en la elaboración de estudios relativos a:

Assesment". Oxford, Clarendon, 1989.

- (2) Estebanez, J. "Tendencias y problemática actual de la geografía". Madrid, Editorial Cincel, 1982.
- (3) Instituto Geográfico Agustín Codazzi. "Sistemas de Información Geográfica - SIG- y Catastro. Bogotá, 1998.
- (4) Instituto Geográfico Agustín Codazzi. "Principios Básicos de Cartografía Temática". Bogotá, 1998.
- (5) National Center for Geographic Information And Analysis (Ncgia). "Introduction GIS". University of California, USA, 1990.