

Distr.
RESTRINGIDA

LC/DEM/R.208
Serie A, N° 289
28 de marzo de 1994

ORIGINAL: ESPAÑOL

CELADE
Centro Latinoamericano de Demografía

INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICOS (SIG)

Este documento fue preparado por la señora Alejandra Silva del CELADE para ser presentado al "Taller sobre Sistemas de Información Geográficos (SIG)" realizado en la Facultad de Estadística de la Universidad de Costa Rica entre el 27 y el 28 de octubre de 1993.

Las opiniones expresadas en este documento son de la exclusiva responsabilidad de su autora y pueden no coincidir con las de la Organización. No fue sometido a revisión editorial.

TABLA DE CONTENIDO

Página

INTRODUCCION	1
QUE ES UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO	2
COMPONENTES DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO	11
Componente de Entrada	11
Almacenamiento y Manejo de la Información	12
Recuperación y Presentación de la Información	13
Transformación y Manipulación de la Información	14
INTEGRACION Y MODELADO	15
CONCLUSIONES	23
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	25

INTRODUCCION¹

El avance tecnológico de los últimos años ha revolucionado nuestra forma de vida. Nos parece normal hablar de informática, automatización de procesos, telecomunicaciones, cajeros automáticos y sistemas de información. Cualquiera sea el término que se utilice hay detrás de ello un desarrollo de equipos y componentes cuya miniaturización ha hecho posible almacenar grandes volúmenes de información en sistemas cada vez más pequeños.

El desarrollo simultáneo de lenguajes avanzados de programación, mediante los cuales se le da cada vez más inteligencia a los sistemas, permite contar actualmente con aplicaciones nunca antes pensadas.

Una de estas nuevas aplicaciones es la posibilidad de manipular y analizar automáticamente información espacial, la que tradicionalmente se analizaba mediante el manejo separado de una serie de cartas, mapas o planos.

En los últimos 15 años se ha logrado juntar dos tendencias en la evolución computacional. Una de estas tendencias y tal vez la más conocida, es la base de datos alfa-numérica, en la cual se manejan grandes volúmenes de información descriptiva y cuantitativa de distintos elementos. El segundo desarrollo importante se refiere a la automatización de elementos espaciales (puntos, líneas o áreas) de tal modo que el computador puede repetir su forma y tamaño de manera rápida y precisa, comúnmente conocida como cartografía automatizada.

Al unir estas dos herramientas se creó un sistema computacional que puede trabajar simultáneamente con los elementos espaciales y sus atributos o características no espaciales, manejados en una base de datos relacional.

A esta nueva tecnología se le denominó en forma genérica Sistemas de Información Geográficos (SIG) existiendo en la actualidad, diferentes nombres dependiendo de la información que se le dé al sistema, por ejemplo sistemas de información agro- forestales, sistemas de información geológicos, sistemas de información urbanos, etc.

Cualesquiera sea su denominación, dichos sistemas se caracterizan por almacenar, manejar y procesar información gráfica (dato espacial) y alfa-numérica (atributo), en forma rápida, eficiente y confiable.

Otra característica importante es que la información gráfica está referida a una localización sobre la superficie de la tierra. Se dice entonces, que la información está georeferenciada.

1) Basado en parte de la tesis *Bases Teóricas de los Sistemas de Información Geográficos y Aplicaciones en una Comuna Rural*, 1990.

En países en desarrollo, esta tecnología es de reciente uso y requiere de un esfuerzo importante de aprendizaje y desarrollo, necesario para obtener en el corto plazo los beneficios económicos y sociales derivados de un mejor manejo de la información.

QUE ES UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO

Como se observa en la figura (1) un Sistema de Información Geográfico posee componentes comunes a cualquier sistema de información, basados en un ordenador o computador digital. Por un lado está el usuario, él tiene una percepción del fenómeno y quiere resolver su interrogante, su problema ; por el otro lado está el mundo real, el objeto o proceso que se quiere estudiar, entender y tener mejores formas de captarlo, de tal modo que lleve a una mejor apreciación y manejo de él. Entre el usuario y el mundo real existe un enlace que consiste en una serie de operadores y una base de datos, a diferencia de un sistema de información administrativo o cualquier otro sistema asistido por computador, un Sistema de Información Geográfico posee operadores con características espaciales y la base de datos es fundamentalmente de tipo espacial.

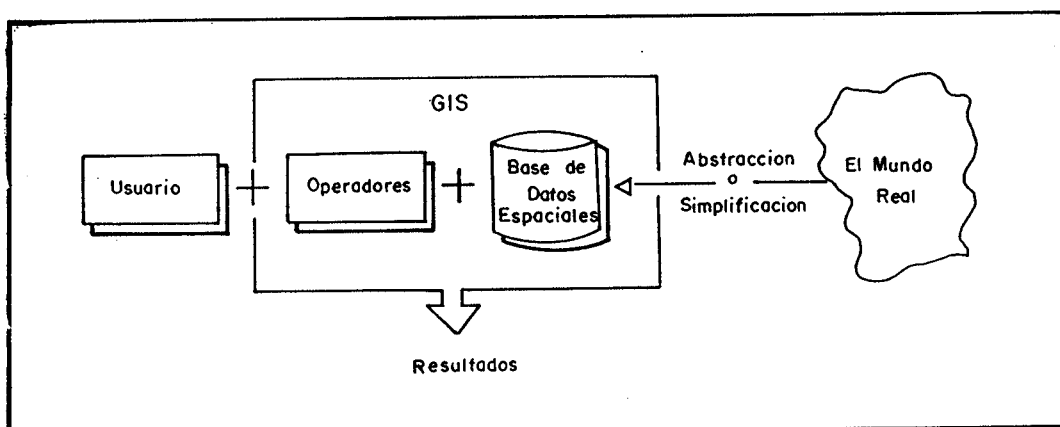


Fig. 1: Componentes de un Sistema de Información

Fuente: Guevara, 1988.

La historia del uso de la computación en cartografía y análisis espacial nos señala que ha existido un desarrollo paralelo entre la recolección automatizada de los datos, el análisis de la información y la presentación de ésta en algunos campos relacionados o afines.

Estos campos son catastro y mapas topográficos, cartografía temática, ingeniería civil, geografía, estudios matemáticos de las variaciones espaciales, ciencias del suelo, fotogrametría y prospección, planificación urbana y rural, redes de trabajo utilitario, y análisis de imágenes de satélite y sensores remotos. Consecuentemente ha habido una duplicidad de esfuerzos y una mayor generación de una terminología específica para las diferentes aplicaciones en diferentes

áreas. Esta multiplicidad de esfuerzos en algunos campos, inicialmente separados pero estrechamente relacionados, está dando como resultado la posibilidad de ligar muchas formas de procesar la información espacial llegando a un verdadero Sistema de Información Geográfica con un propósito general en la medida que se resuelven los problemas técnicos y conceptuales.

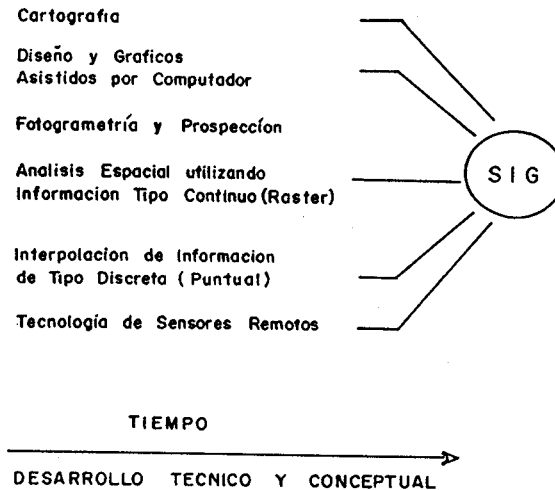


Fig. 2: Areas relacionadas con un SIG
Fuente: Burrough, 1986.

Básicamente todas estas disciplinas tienden al mismo tipo de operaciones - dirigidas a desarrollar un poderoso conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar datos, manejar y mostrar información espacial del mundo real - para un propósito determinado. Este conjunto de herramientas es lo que constituye un Sistema de Información Geográfico.

La información geográfica describe objetos del mundo real en términos de:

- su posición con respecto a un sistema de coordenadas conocido.
- sus atributos ,es decir, sus características no espaciales.
- sus interrelaciones espaciales (relaciones topológicas) que describen como están unidos y como se relacionan entre ellos.

Al tratar de definir un Sistema de Información Geográfico nos encontramos en la literatura con definiciones generales, poco definitorias a la hora de distinguir un SIG de otro sistema que pueda desplegar un mapa o una imagen que semeje la realidad en un terminal de computador.

En general definen un SIG como un sistema asistido por computadora para la captura, almacenamiento, recuperación, análisis y despliegue de la información espacial.

Fundamentalmente, un SIG se caracteriza por darle soporte a respuestas de tipo geométrico, topológico-relacional hechas a una base datos espacial.

La comprensión de lo que es un Sistema de Información Geográfico o SIG, depende del entendimiento y manejo de otros conceptos básicos como por ejemplo: qué es información, información geográfica, dato, dato espacial, entre otros.

Empezaremos entonces por definir algunos de estos conceptos:

La utilización de los términos DATO e INFORMACION es, en general hecha en forma indiscriminada siendo casi siempre tratados como sinónimos. Sin embargo, existe una diferencia conceptual entre ellos.

DATO significa la representación de hechos, conceptos e instrucciones en forma convencional o preestablecida, y apropiada para la comunicación, interpretación o procesamiento por medios humanos o automáticos.

Por otro lado INFORMACION se puede definir como el significado que el ser humano le atribuye a esos datos, valiéndose de símbolos convencionales utilizados para representarlos. Entonces información podría definirse como el resultado obtenido de la recolección y organización de los datos a través de un determinado proceso.

También podríamos concluir que dato es un conjunto de valores (numéricos o no), sin un significado propio y que información es un conjunto de datos que poseen un significado para determinada aplicación.

Un DATO ESPACIAL se puede definir como un elemento ubicado en el espacio mediante un sistema predefinido de coordenadas, el cual puede ser descrito a través de una serie de atributos y además, su relación con respecto a otros elementos, en el mismo plano, puede ser establecida. Un conjunto de datos espaciales cuyo significado contiene una asociación con una localización específica se conoce como INFORMACION GEOGRAFICA.

En este concepto se tiene que resaltar tres cosas fundamentales:

Localización: el elemento puede ser localizado,

Topología: el elemento puede ser relacionado con otros elementos, y

Atributos: el elemento puede ser descrito.

Como ejemplo se tienen datos geográficos, datos de ingeniería vial, datos de sensores remotos y datos cartográficos.

Veamos ahora como se expresan estas características dentro del ámbito espacial:

La LOCALIZACION se expresa a través de la geometría y la GEOMETRIA se expresa a través de coordenadas. La RELACION se establece a través de la topología que son los apuntadores, la TOPOLOGIA va a constituir el elemento inteligente de la base de datos espacial y finalmente se tiene la DESCRIPCION, información explícita proveniente del exterior que va a ser adscrita a la geometría para describir el fenómeno en cuestión.

En la figura (3) se tiene un ejemplo de lo que la LOCALIZACION significa, una serie de coordenadas donde a través de un sistema predefinido de ejes con un origen común se puede ubicar el fenómeno en el espacio, se observa una serie de puntos de coordenadas en un espacio en dos dimensiones.

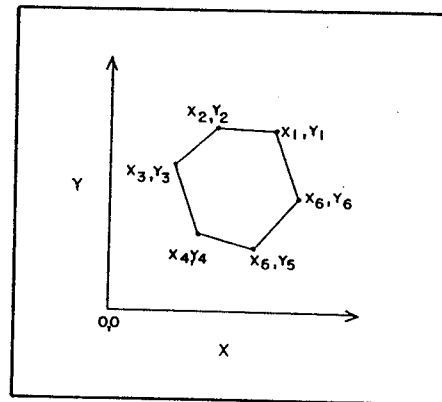


Fig. 3: Ejemplo de Localización
Fuente: Guevara, 1988.

La RELACION permite obtener dirección y ubicación de los distintos elementos, es decir, el sistema va a poder contestar preguntas como ¿Cuál es el punto más cercano a donde yo estoy? ¿Qué elemento tengo a la izquierda o a la derecha? En la siguiente figura (4) se puede determinar la ruta más cercana de ir del nodo 1 al nodo 6, al ir del nodo 1 al nodo 6 pasando por el nodo 2 y el nodo 7, se puede decir que el área III y área IV se encuentran a nuestra derecha, esto solamente se puede hacer porque las características geométricas del evento han sido ubicadas en un espacio donde se ha construido su topología.

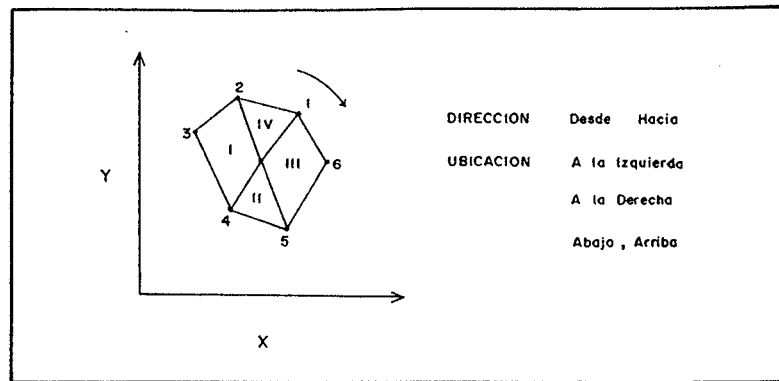


Fig. 4: Ejemplo de Relación
Fuente: Guevara, 1988.

Luego se tiene la DESCRIPCION , figura (5). Son datos externos a la geometría y topología que se enlazan a esta información para describir el fenómeno en cuestión, por ejemplo si se habla de suelos, de qué tipo de suelos, si se habla de morfología, de qué unidades morfológicas, si se habla de población, que características debe tener o de vegetación, es decir, de cualquier fenómeno de interés para la investigación que se esté realizando.

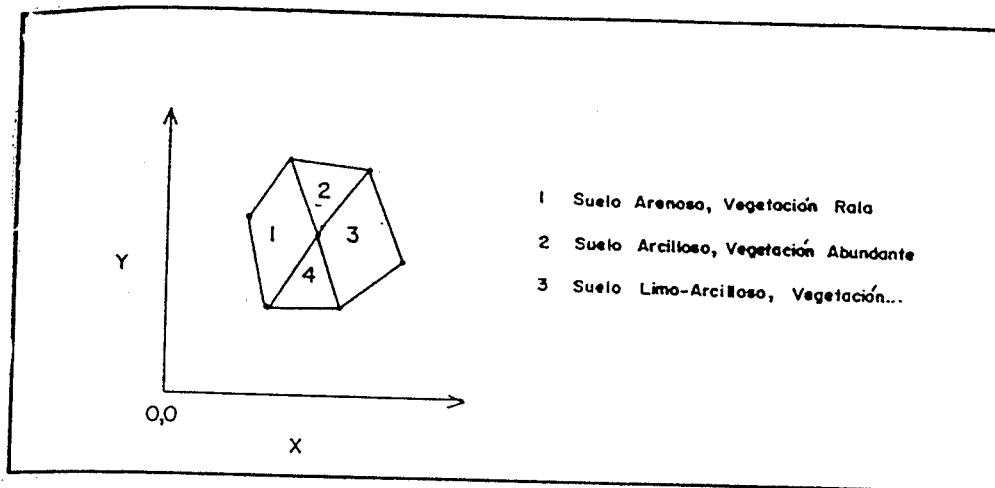


Fig. 5: Ejemplo de Descripción
Fuente: Guevara, 1988.

La geometría, la topología y los atributos -que definen a la localización, relación y descripción- son los componentes básicos de los datos espaciales. Podemos decir que la geometría determina la localización y forma del elemento espacial, la topología relaciona al

elemento espacial con otros elementos espaciales, los atributos dan una descripción de las características propias del elemento espacial.

Todo elemento geográfico puede ser definido como uno de estos tres componentes básicos: puntos, líneas y áreas.

Se expresan como un punto aquellos elementos que se asocian con una sola localización en el espacio, se determinan con solo un par de coordenadas. Como puntos se pueden representar torres, pozos, casas, estaciones meteorológicas, etc.

Se expresan como líneas aquellos elementos cuya localización se describe por medio de una secuencia de coordenadas. Como líneas se pueden representar ríos, caminos, tendido eléctrico etc.

Se expresan como áreas aquellos elementos que se describen como una secuencia de coordenadas espaciales que se cierran en un punto. Cuando hablamos de área nos referimos a un polígono.

Como polígonos se pueden representar tipos de suelos, zonas climáticas, vegetación, límite administrativo, etc. La información encerrada en un polígono es considerada homogénea en su naturaleza.

En principio cualquier elemento geográfico puede ser representado ya sea por un punto, línea o área. Generalmente acompaña al componente, cualquiera que este sea, un elemento que se conoce como etiqueta o identificador. Estas etiquetas son el enlace entre el elemento geográfico y la base de datos que contiene sus atributos.

Un componente muy importante es el factor TIEMPO. En muchas aplicaciones por ejemplo catastro, inventarios forestales, censos de población, erosión marina, etc. es importante tener un registro de los eventos que han ocurrido a través del tiempo, de como espacialmente ha ido variando un determinado fenómeno u observación.

Otro concepto que es relevante es el NIVEL DE RESOLUCION ESPACIAL. El nivel de resolución espacial indica la escala a la cual se va a almacenar la información, es decir, se puede almacenar la información a escala uno a mil, a uno quinientos, a uno un millón, a escala de cuadra, de ciudad, de región o de cuenca hidrográfica, etc. Para un Sistema de Información Geográfico esto debe estar abierto, es decir, el sistema debe trabajar a cualquier nivel de resolución espacial y permitir pasar de un nivel de resolución espacial a otro.

Es importante a la hora de escoger un Sistema de Información Geográfico el conocer las estructuras de datos que estos manejan. Fundamentalmente existen tres tipos de estructuras de datos: la ESTRUCTURA VECTORIAL, la ESTRUCTURA RETICULAR y la ESTRUCTURA CELULAR (Raster). Como se observa en la figura (6) la estructura vectorial es una secuencia ordenada de pares de coordenadas XY referenciadas a ejes comunes, la estructura reticular es

una secuencia ordenada de coordenadas equidistantes unas de otras y con un origen común, finalmente la estructura raster es una secuencia matricial de celdas contiguas unas de otras y con un origen común (J.A. Guevara, 1988). Cada estructura es una forma de almacenar localización espacial de elementos geográficos en una base de datos.

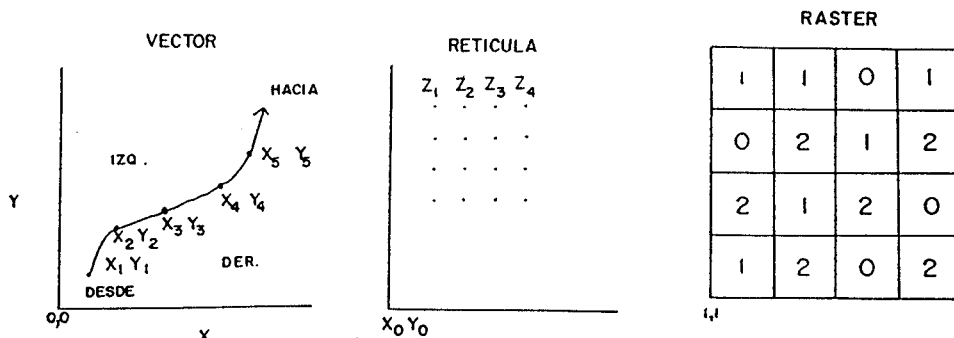


Fig. 6: Estructuras de Datos Espaciales
Fuente: Guevara, 1988.

El vector a través de la geometría, permite localizar un fenómeno y a través de la topología relacionar el fenómeno, por ejemplo un río o una carretera. El vector permite expresar dentro de la base de datos desde puntos y líneas hasta áreas complejas. Una vez orientado el vector, utilizando como referencia un sistema de coordenadas, y desplazándolo desde una dirección hasta otra dirección se puede decir qué queda a la izquierda y a la derecha, a medida que se viaja por el vector.

La retícula también tiene localización y relación, es decir, hay una geometría y una topología implícita en la estructura. La retícula se utiliza fundamentalmente para el almacenamiento de superficies, el caso más completo es el modelo de elevación digital (DEM) donde partiendo de un origen común se muestrean puntos acotados y estos puntos se van muestreando equidistantes unos de otros.

Finalmente tenemos la estructura celular o raster, la célula también tiene una geometría y una topología que relaciona al elemento espacial con los elementos temáticos. El caso más concreto de utilización de esta estructura es el de las imágenes de satélite.

Existen algunas ventajas y desventajas al utilizar cualquiera de estas estructuras de datos, a continuación se señalan algunas correspondientes a las estructuras vectorial y raster, la estructura de retícula se utiliza en casos muy específicos como se mencionó anteriormente por lo que no se considera:

Estructura Vectorial

Ventajas:

- La información puede ser representada en su forma y resolución espacial original sin necesidad de ser generalizada.
- La representación de los mapas vectoriales es, generalmente, de una alta calidad gráfica.
- Desde que la mayoría de la información disponible se encuentra en forma vectorial, no se requieren procesos de conversión.
- Se mantiene la precisión de la localización geográfica de la información.

Desventajas:

- La localización de cada vértice necesita ser almacenada explícitamente.
- Para un análisis efectivo, la información vectorial debe ser convertida en una estructura topológica. Esto implica un procesamiento intensivo y un largo trabajo de limpieza y corrección de la información.
- Los algoritmos para las funciones de análisis y manejo de la información son complejos y pueden requerir un procesamiento intensivo, por lo tanto el software tiende a ser más costoso.
- Es imposible realizar análisis espacial y filtrados en el interior de los polígonos.

Estructura Raster

Ventajas:

- La localización geográfica de cada celda se determina por su posición dentro de la matriz. De acuerdo con esto, las coordenadas geográficas no se almacenan excepto las coordenadas del punto de origen.
- Debido a la forma y técnica de almacenamiento, el análisis de la información es generalmente fácil de programar y rápido de ejecutar. De acuerdo con esto, los sistemas raster son más baratos que los vectoriales.
- La información de tipo discreta (i.e., estaciones meteorológicas) se acomodan igual de bien que la información de tipo continuo (i.e., información altimétrica) y facilita la integración de ambos tipos de información.

Desventajas:

- El tamaño de la celda determina el grado de generalización a la cual la información es representada y, por lo tanto, la precisión y calidad de los análisis y mediciones.
- Es especialmente difícil representar adecuadamente elementos lineales, dependiendo del tamaño de la celda, por lo cual es difícil establecer relaciones de redes (network).
- Generalmente el acceso a la información es secuencial, esto puede llevar a largos procesos de la información durante el análisis.

- Desde que la mayoría de la información disponible se encuentra en forma vectorial, se debe realizar un proceso de conversión vector-a-raster para trabajar con ella, esto requiere un procesamiento intenso y afecta a la integridad de la información debido a la generalización que se produce.
- La representación de los mapas en estructura raster no son de una alta calidad gráfica.

Independiente de las estructuras de datos que se manipulen dentro de un Sistema de Información Geográfico, éste debe tener una BASE DE DATOS INTEGRADA, es decir, que tanto el aspecto geométrico y topológico, como el aspecto descriptivo deben existir como uno solo bajo la base de datos. Esta es una característica muy importante de los SIG en donde los datos espaciales y los datos descriptivos existen bajo una base de datos integrada, es decir, que a la hora de cambiar o transformar la parte geométrica del mapa automáticamente se altera la base descriptiva, los atributos de ese mapa. En otra forma si se alteran los atributos de ese mapa el sistema automáticamente cambia la estructura geométrica del mapa, por ejemplo en los catastro de las municipalidades donde una parcela se divide, el sistema debe automáticamente pasar la información del polígono pariente a los nuevos polígonos que han sido divididos.

Esta característica de la integración entre los datos geométricos y los datos descriptivos es importante tenerla en cuenta. Existen en el mercado sistemas llamados CAD- CAM (Computer Aided Design y Computer Aided Manufacturing) estos sistemas tienen la capacidad de capturar información geométrica, producir mapas de alta calidad, mapas de ingeniería, de diseño industrial, de arquitectura y también cartográficos, pero carecen de la facultad de poder hacer consultas de tipo relacional-topológico, característica importante de los Sistemas de Información Geográficos.

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO

La capacidad de incorporar información espacial, manejarla, analizarla y contestar preguntas de tipo espacial, es la característica distintiva de los Sistemas de Información Geográficos. Para lograr esto, la estructura de un SIG se divide en cuatro componentes principales que Marble (1984) denomina de la siguiente forma:

1. Subsistema de ingreso de la información.
2. Subsistema de almacenamiento y recuperación de la información.
3. Subsistema de manejo y análisis de la información.
4. Subsistema de despliegue y presentación de la información.

Un subsistema de ingreso de la información permite al usuario capturar, agrupar y transformar información espacial y temática hacia una forma digital. La información original proviene de diversas fuentes como fotografías aéreas, mapas topográficos, imágenes de satélite, reportes, etc.

El subsistema de almacenamiento y recuperación organiza la información, espacial y temática, en una forma que permite al usuario acceder a ella rápidamente para su análisis y actualización. Esto involucra un debido manejo de la base de datos.

El subsistema de manejo y análisis de información permite al usuario definir y ejecutar procedimientos espaciales y temáticos para generar información derivada. Este subsistema es considerado como el corazón de un SIG y es lo que lo distingue de otros sistemas de información y sistemas de cartografía automatizada.

El subsistema de despliegue y representación de la información permite al usuario visualizar la información en la pantalla, graficarla en forma de mapas, reportes y tablas.

Componente de Entrada

En un Sistema de Información Geográfico la parte de entrada se caracteriza por tener dos componentes, dos procesos: un proceso de digitalización y un proceso de codificación de atributos. En principio la entrada de datos requiere entrar y codificar atributos pero una vez ingresados estos al sistema la integración se lleva a cabo automáticamente. Aquí se enlaza la parte geométrica con la parte descriptiva, ya que al digitalizar se captura por cada elemento espacial (punto, línea o área) un código que va a aparecer en la tabla descriptiva de atributos.

Los procedimientos para ingresar la información a una base de datos automatizada son varios, dependiendo del sistema con que se trabaje.

Existen al menos cuatro métodos básicos para ingresar información espacial a un SIG. Estos son:

1. Entrada de coordenadas utilizando el teclado o leyendo archivos de coordenadas tomadas en terreno.
2. Conversión de Información digital existente.
3. Scanner o barredor automático.
4. Digitalización manual.

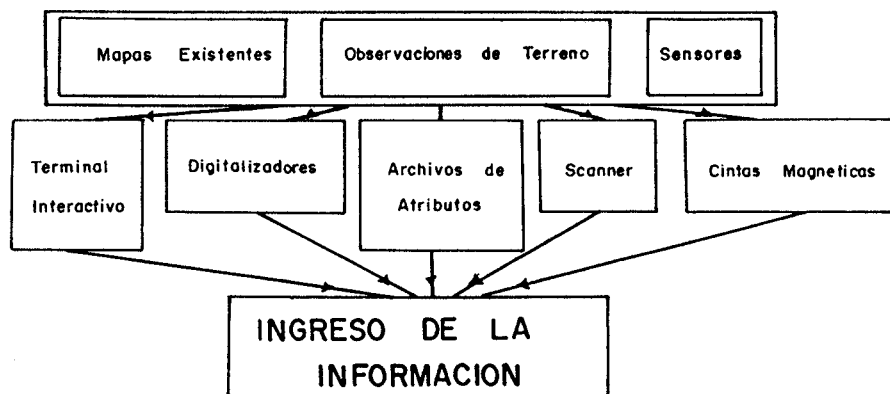


Fig. 7: Ingreso de la información.

Fuente: Burrough, 1986.

Almacenamiento y Manejo de la Información

El almacenamiento y manejo de la información se refiere a la forma como la información, en cuanto a su posición, topología y atributos de elementos geográficos (puntos, líneas y áreas representando objetos de la superficie terrestre) son estructurados y organizados, ambos con respecto a la forma en que deben ser manejados en el computador y como éstos son percibidos por los usuarios del sistema. El programa computacional organiza la base de datos, conocido como un Database Management System (DBMS).

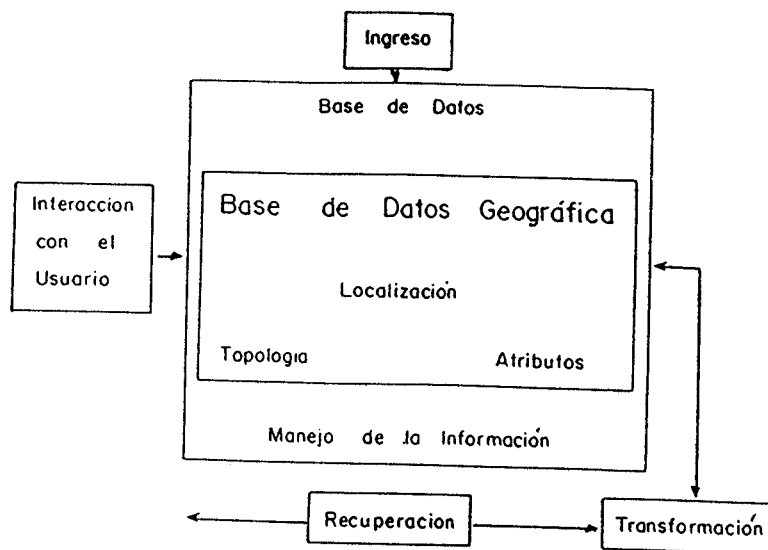


Fig. 8: Componentes de una Base de Datos Geográfica.
Fuente: Burrough, 1986.

Recuperación y Presentación de la Información

La salida y presentación de la información se refiere a la forma en que se extrae y muestra la información y como los resultados se reportan al usuario. La información puede presentarse como mapas, tablas, gráficos y reportes en una variedad de formas, desde la efímera imagen en la pantalla hasta una composición cartográfica de alta calidad dibujada en una impresora a color o ploteador y también la información grabada en cintas magnéticas.

La extracción de datos en un Sistema de Información Geográfico puede ser realizada de una diversidad de formas, se puede hacer una inspección, es decir, sentarse en el terminal y hacer consultas, esta consulta puede ser hecha a través de ventanas, solicitando una determinada área en cuestión o se puede consultar información en base a distancia ya sea basado en un punto, en un polígono o en rectángulo o en un círculo, o en un corredor etc. Esto es lo que se define como preguntas en base a extensión espacial. Preguntas en extensión espacial múltiple, cuando la información requerida está esparcida a lo largo de varios mosaicos. Finalmente está el aspecto de la manipulación de atributos a través del álgebra booleana.

El acceso de información de un SIG puede básicamente ser resumido de cuatro formas:

- a. A través de especificación geométrica: se determina un área, cualquiera sea su forma y se pide toda la información concerniente a ella.

- b. A través de la condición geométrica: de esa determinada área, se pide aquellas zonas que cumplan con determinada condición.
- c. A través de la especificación descriptiva: se escoge una base de datos referente a un área y se pide toda la información o atributos de los registros.
- d. A través de la condición descriptiva: de la misma base de datos, selecciono aquellos registros que cumplan con determinada condición o atributo.

Transformación y Manipulación de la Información

La transformación de la información engloba dos clases de operaciones:

- a. Transformaciones necesarias para corregir errores de la información, poner al día mayor información o para adecuarla a otro conjunto de información.
- b. Transformaciones que debemos realizar según el método de análisis que se siga, para poder dar respuesta a las interrogantes previamente planteadas.

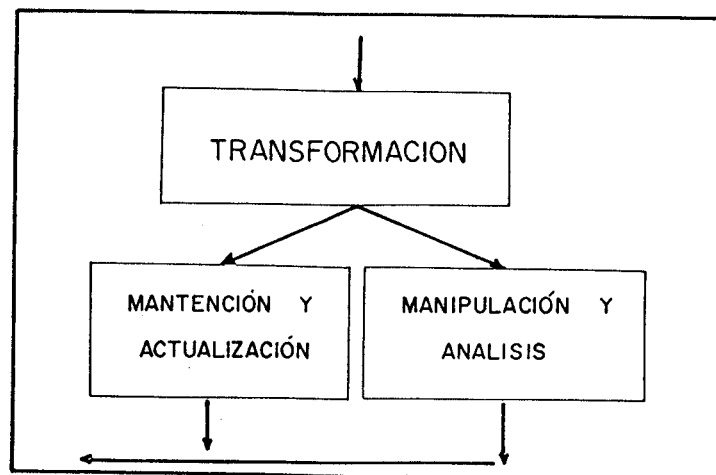


Fig. 9: Transformación de la información.

Fuente: Burrough, 1986.

Las transformaciones también pueden operar en los aspectos espaciales y no-espaciales de la información, tanto por separado como en conjunto. Muchas de estas transformaciones, tales como las asociadas a cambios de escalas, cambio de proyecciones, recuperación lógica de la información y cálculo de áreas y perímetros, son de una naturaleza tan general que se puede esperar encontrarlos en cualquier Sistema de Información Geográfico de una forma u otra. Otros

tipos de aplicaciones pueden ser de una naturaleza más específica y su incorporación a un Sistema de Información Geográfico puede ocurrir solo para satisfacer a usuarios particulares de ese sistema.

El diseñador de un Sistema de Información Geográfico debe esperar que el usuario quiera realizar infinidad de preguntas y que para contestarlas, será necesario usar ciertas combinaciones en el manejo de la información y sus opciones de transformación dentro del análisis, modelado y procesamiento.

INTEGRACION Y MODELADO

El modelado es quizás una de las funciones más importantes y poderosas dentro de un Sistema de Información Geográfico. El modelado en un SIG se expresa a través de la superposición de mapas y esta, no sólo es una superposición gráfica, es decir, cuando en la pantalla vemos los mapas uno encima del otro, sino que cuando se habla de superposición de mapas se refiere a un proceso geométrico, topológico de integración de capas de información, es decir, que cuando se superponen varios estratos de información se genera todo un nuevo mapa dando respuesta a las inquietudes del usuario que de otra forma no se podría contestar. Respuesta a preguntas de carácter cuantitativo o locacional requieren de la combinación de varios estratos o capas de distinta información para así entregar una respuesta más completa y realista.

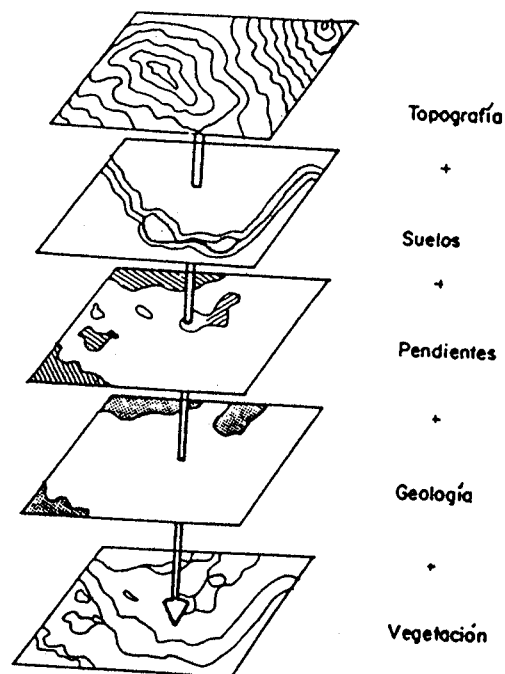


Fig 10: Superposición
Fuente: Elaboración propia.

En el ejemplo se puede tener una mapa de suelos y pendientes, un mapa de vegetación, un mapa de geología, un mapa de topografía. Estos mapas se integran bajo un solo estrato para producir lo que se conoce como Unidades Básicas de Análisis o Unidades Integradas de Territorio o Unidades Ecológicamente Homogéneas (J.A. Guevara, 1988), el hecho es que al superponer varios estratos de información se genera todo un nuevo mapa al cual se le pueden hacer consultas con un criterio muy específico.

La superposición de mapas además de ser una herramienta analítica, también es utilizada en una serie de procesos de manipulación de la información, por ejemplo:

Actualización de mapas

Se tiene un bosque donde se ha talado una sección, se quiere actualizar la información y se tienen los datos de campo los cuales se introducen en el Sistema de Información Geográfico y se produce un nuevo mapa con la actualización.

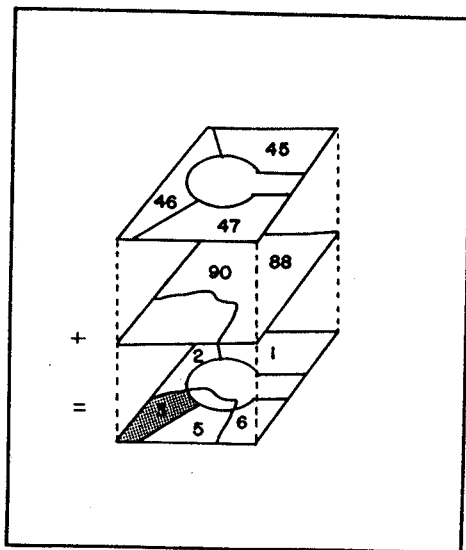


Fig 11: Actualización

Fuente: Elaboración propia

En vista que la información geométrica y descriptiva están integradas bajo un solo modelo, al actualizar el mapa automáticamente la información en la base de datos, como cálculo de área o cualquier otro atributo va a ser reemplazada por la actualización que ha sido introducida en forma geométrica.

Recortar

Si el área que se desea estudiar es más pequeña que el área general, se puede hacer un recorte con la forma del área de estudio y así eliminar el resto del área. Teniendo ya una subregión determinada se puede utilizar como base para extraer información de otras coberturas pero correspondiente a la región deseada solamente. En la figura se representa como un triángulo la región sobre la cual se quiere trabajar y en achurado el área total con la información que nos interesa. Luego de una operación de recorte se obtiene la información deseada pero solamente correspondiente al área en estudio.

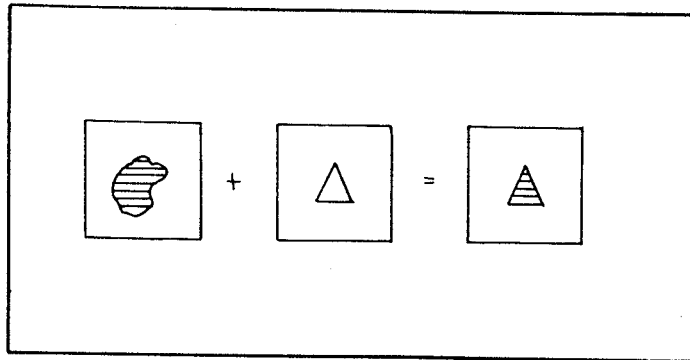


Fig 12: Recorte o Clip

Fuente: Elaboración propia

Intersectar

Si se quiere ver la interacción entre dos fenómenos y su área común se realiza una superposición topológica entre dos coberturas o estratos con diferente información. Una vez realizada la superposición o intersección de las dos coberturas se puede obtener una nueva composición con la información correspondiente a ambas coberturas originales, una cobertura cuyos límites en común han sido disueltos dependiendo de lo que se desee agrupar o cálculos de nuevas áreas según combinaciones de información de ambas coberturas, figura (13).

Eliminar

Se seleccionan elementos que cumplan una condición específica, por ejemplo superficie menor o igual a 0.5 ha y automáticamente se eliminan de la base de datos y de la parte gráfica. En la figura se quiere eliminar todos aquellos elementos puntuales que caen dentro del área geográfica determinada por los polígonos. La nueva cobertura se presenta sin elementos puntuales pues éstos han sido borrados de la base de datos, figura (14).

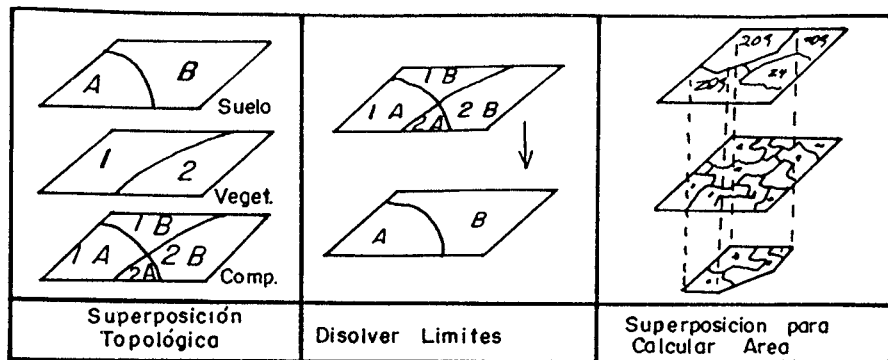


Fig 13: Intersectar

Fuente: Dangermond, 1982.

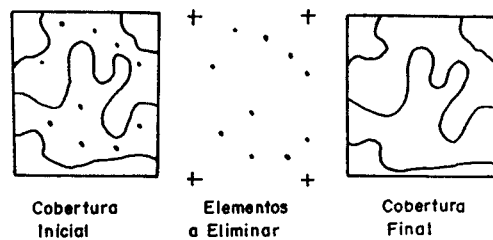


Fig 14: Eliminación

Fuente: Elaboración propia.

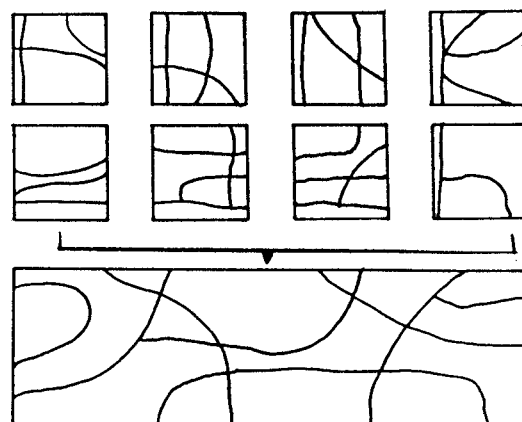


Fig 15: Unión de mapas

Fuente: Elaboración propia.

Unión de mapas

No solamente se habla de juntar los mapas sino también de resolver todos los problemas de borde. En la cartografía tradicional si existen dos mosaicos producidos en diferentes fechas y por diferentes personas y en él aparece una carretera o un río, la probabilidad de que estos elementos se unan correctamente es bastante baja, figura (15).

Procesamiento

Dentro de los procesos de un Sistema de Información Geográfica tenemos una variedad de funciones analíticas como:

Clasificación y Generalización

Uno de los análisis iniciales en un SIG es el de clasificación de la información. Esto implica la selección de un atributo específico (ítem) para una cobertura y la clasificación de ese atributo basado en un criterio. Esta clasificación puede tomar cada dato de la cobertura o puede clasificarse en rangos lo que implica una generalización de la información. Luego del proceso de clasificación, los resultados son representados en un mapa coroplético o en un listado. La clasificación puede ser más compleja cuando se seleccionan más de un atributo para la clasificación de la información.

Luego de una clasificación se procede a disolver límites entre polígonos con igual valor clasificado. Así se obtiene un mapa con continuidad homogénea. Esto permite al usuario crear reportes basados en los nuevos polígonos del mapa.

Procesos de Medición

Un análisis básico es el de medir el número de elementos existentes en la cobertura por ejemplo contar el número total de árboles, el número total de torres, medir distancia y no solamente distancia lineal sino también distancia superficial (áreas y volúmenes), figura (16).

Manipulación

Entre otras cosas hacer cambios de escalas, corrección de distorsiones, cambios de proyección, rotación y traslación de coordenadas. La corrección de distorsiones es muy útil en los cambios de Datum y, en el ajuste de un mapa a una imagen de satélite, figura (17).

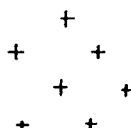
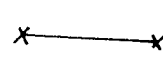
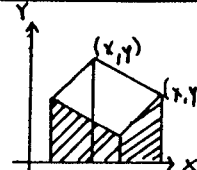
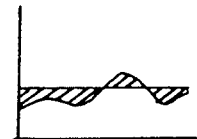
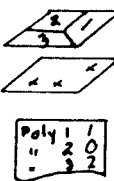
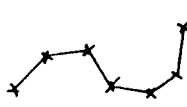
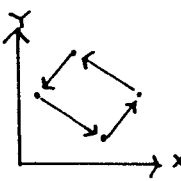
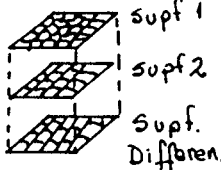
 Numero Total	 Derecha	 Area	 Perfil Transversal
 Punto en Polygono	 Curva	 Perimetro	 Area
PUNTOS	DISTANCIA	AREAS	VOLUMENES

Fig 16: Mediciones

Fuente: Dangermond, 1982.

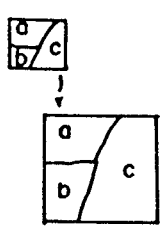
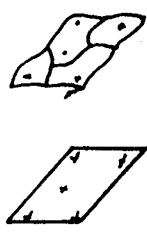
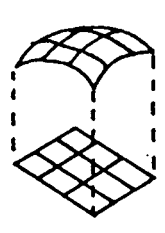
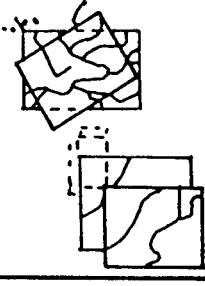
 Cambios de Escala	 Correccion de Distorsiones	 Cambios de Proyección	 Rotacion de Coord. Traslación
--	---	---	--

Fig 17: Manipulación de los mapas

Fuente: Dangermond, 1982.

Generación de corredores

Producir corredores o pasillos alrededor de puntos, líneas y polígonos. Generalmente el resultado de estos corredores se utiliza en una superposición topológica con otra cobertura. Muchas veces se necesita estimar el efecto que un determinado proceso natural o artificial puede producir en el espacio así por ejemplo, alrededor de una línea podemos estudiar el impacto de crecimiento de un río que se desborda en época de lluvias o la determinación de áreas de protección en un bosque a lo largo de un eje de aguas y en el caso de áreas, se puede estimar, entre otros, la expansión del casco urbano.

		
Punto	Buffer Circular	Buffer Cuadrado
		
Linea	B. Lineal Angosto	B. Lineal Ancho
		
Poligono	Buffer Exterior	Buffer Interior

Fig 18: Generación de corredores
Fuente: Dangermond, 1982.

Análisis de proximidad

Se pueden definir una serie de funciones analíticas de proximidad. Todas están relacionadas con la identificación de la localización de un elemento con respecto a otro. Las funciones de proximidad incluyen: análisis de proximidad, cálculo de centroides, cálculo de curvas de nivel, polígonos próximos, análisis en red, conversión de estructuras, etc., figura (19).

Análisis de Superficie

En algunos SIG la información altimétrica y planimétrica coexisten como una sola bajo un mismo modelo de base de datos. Algunos de los análisis que se pueden hacer son estudios de visibilidad, y no solamente punto de visión, es decir, de punto a punto o línea de visión sino que, también se puede calcular el área de visión.

Esto es interesante por ejemplo en los estudios forestales, para montar torres de control de incendios o en aplicaciones de defensa donde se quiere montar una torre de radar. Luego está el aspecto de intensidad solar, muy interesante en arquitectura o de control de incendios, laderas que están con vegetación decadente y expuestas a alta intensidad solar. Procesos de interpolación donde se estima información basados en una muestra, secciones transversales, perfiles, diseños de carreteras, asistencia al cálculo de volúmenes, definición de cuencas, cálculo automático de mapas de pendientes y aspecto, generación de curvas de nivel y finalmente vistas de una superficie en tres dimensiones, figura (20).

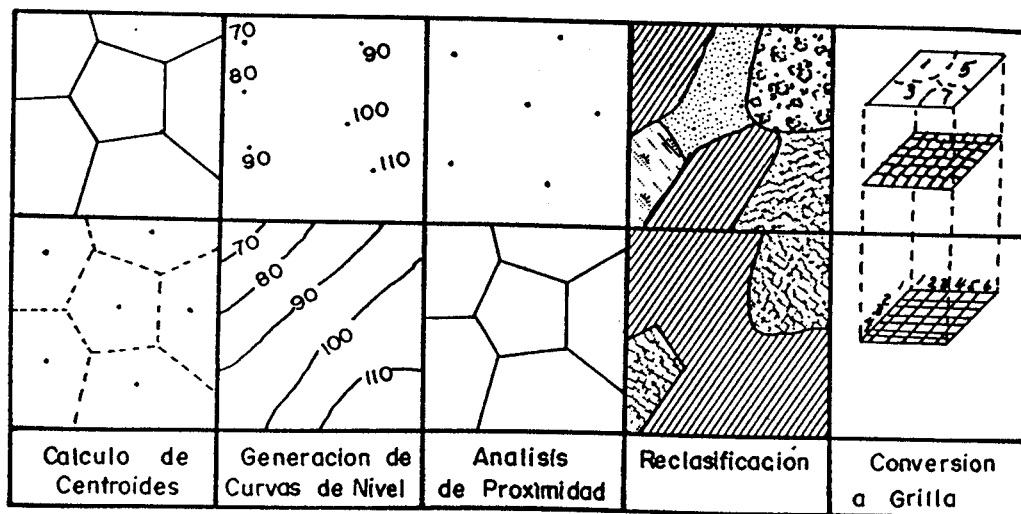


Fig 19: Análisis de proximidad
Fuente: Dangermond, 1982.

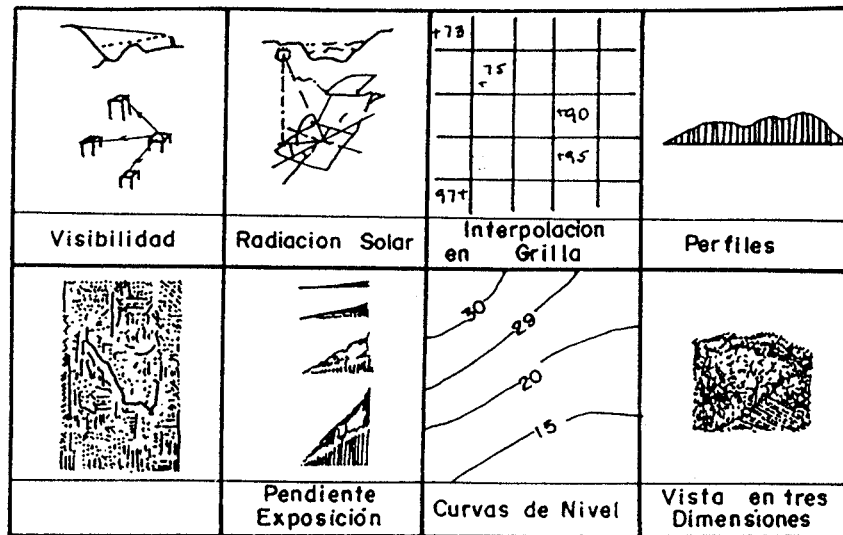


Fig 20: Análisis de Superficie
Fuente: Dangermond, 1982.

CONCLUSIONES

En forma general, los Sistemas de Información Geográficos proporcionan un nuevo acercamiento hacia aquellos análisis donde se trabaja con altos volúmenes de información.

A través de los SIG, se posibilita entre otros aspectos, planificar el desarrollo de áreas; analizar el comportamiento de fenómenos espaciales y realizar modelos interpretativos de la realidad, mediante la interrelación de diferentes fuentes de información, en forma eficiente y con un alto grado de exactitud.

Sin embargo, la gran ventaja de utilizar un Sistema de Información Geográfico, es que junto con las estadísticas, entregan la localización de los fenómenos y elementos en el espacio. Conocer la localización espacial, es decir el donde, permite buscar y relacionar las causas y los efectos de los procesos que se estudian.

Los sistemas convencionales o alfa-numéricos, en cambio, son semejantes a los SIG en cuanto a eficiencia y exactitud pero no entregan la Localización.

Cabe deducir que el desarrollo de los Sistemas de Información Espacial -de compleja naturaleza- es un proceso que demanda una rigurosa planificación previa de los objetivos y procedimientos que se van a seguir para aspirar a un resultado óptimo.

No existe un método específico establecido para ponderar proyectos que manejen Sistemas de Información Espacial. Cada caso implica un enfoque específico, por lo que se requiere de distintos usos y procesos con el sistema sin perjuicio de ser factible establecer algunos patrones de referencia que permiten medir la efectividad del sistema.

Cabe señalar que la eficiencia de un SIG lleva implícito un gasto de tiempo indispensable de ser considerado al planificar una aplicación. Se suele incurrir en el frecuente error de estimar que un SIG produce respuestas prácticamente inmediatas. Es necesario considerar que cualesquiera sea el sistema que se utilice existe un determinado tiempo para cada etapa de un proyecto, desde el ingreso y edición de la información hasta posteriores análisis.

El SIG, debido a su rica complejidad y enorme potencial determina, para permitir su aprovechamiento cabal, el empleo de años de trabajo en los que la experiencia que va adquiriéndose resulta insustituible por estudios teóricos.

Por lo mismo, al trabajar por primera vez con un SIG es indispensable un período previo de entrenamiento antes de esperar el logro de análisis realmente efectivos.

Por otro lado, se tiene la ventaja de que la base de datos geográfica que se crea, queda como precedente y para los futuros análisis que se realicen, no es necesario crearla de nuevo, sino que basta actualizar aquella información que haya variado con el tiempo.

Esta facultad de mantener la vigencia de una misma información base, es una de las características que harán de los Sistemas de Información Geográficos un instrumento indispensable en el futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Burrough, P.A. 1986. *Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford University Press:NY.
- Dangermond, J. 1982. *A Classification of Software Components Commonly Used in Geographic Information Systems*. En Introduction to Geographic Information Systems, D. Marble y D. Wilcox (eds), CEPAL, Santiago, Chile.
- Guevara, J.A. 1988. *Conceptos Básicos del Sistema ARC/INFO*. Videotape. ESRI: Redlands, California.
- Marble, Duane F. 1984. *Geographic Information Systems: an Overview*. editado por Duane F. Marble para el Taller de Sistemas de Información Geográficos, CEPAL, Santiago, Chile.
- Silva, Alejandra. 1990. *Bases Teóricas de los Sistemas de Información Geográficos y Aplicaciones en una Comuna Rural*. Memoria del Departamento de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile.