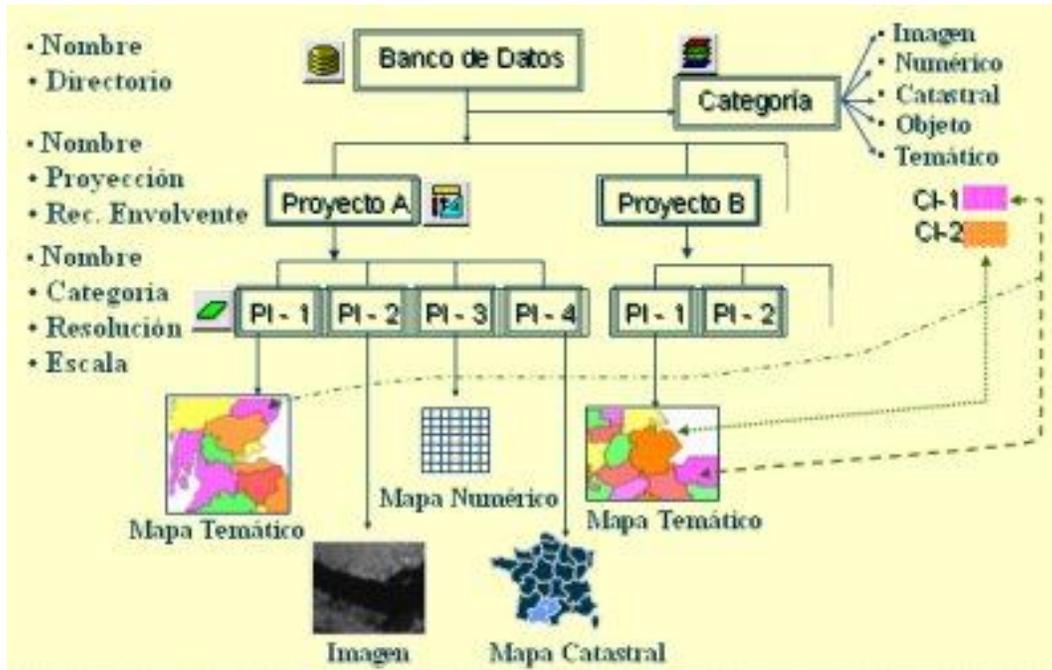


# PROCESAMIENTO DIGITAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICACIÓN PRÁCTICA CON CARTOGRAFÍA E IMÁGENES DE SATÉLITE

## IV. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



<http://www.dpi.inpe.br/spring>

*... acerca de la integración y análisis de los datos...<sup>1</sup>*

### 1. Elementos o Componentes SIG

Según Grimshaw (1994) un SIG es un grupo de procedimientos que proporcionan capacidades de entrada de datos, almacenamiento y consulta, creación de cartografía y análisis espacial de datos espaciales en un sistema informático para apoyar las actividades de toma de decisiones de una organización.

Esta definición destaca cuatro elementos importantes como componentes de los SIG: un sistema informático (hardware y software), los datos referenciados espacial o geográficamente, los procedimientos de análisis y gestión, y los recursos humanos o usuarios involucrados.

Según Fisher (1999), en un contexto más amplio los procesos de requerimientos o necesidades para la implementación de los SIG, pueden listarse a través de nueve categorías jerárquicas que incluyen:

<sup>1</sup> UNIGIS (1999) SIG: Introducción a los conceptos y operaciones fundamentales.

- funciones
- datos
- aplicaciones
- hardware y software
- selección del personal
- capacitación
- procedimientos
- aspectos legales
- cambios organizacionales

La Figura IV.1 expresa la relación de esta serie jerárquica de funciones operacionales. Las primeras cuatro funciones en términos de recursos, están relacionadas a la tecnología, al mantenimiento y al equipamiento, mientras que las últimas cinco de estas categorías, tratan con los recursos humanos.

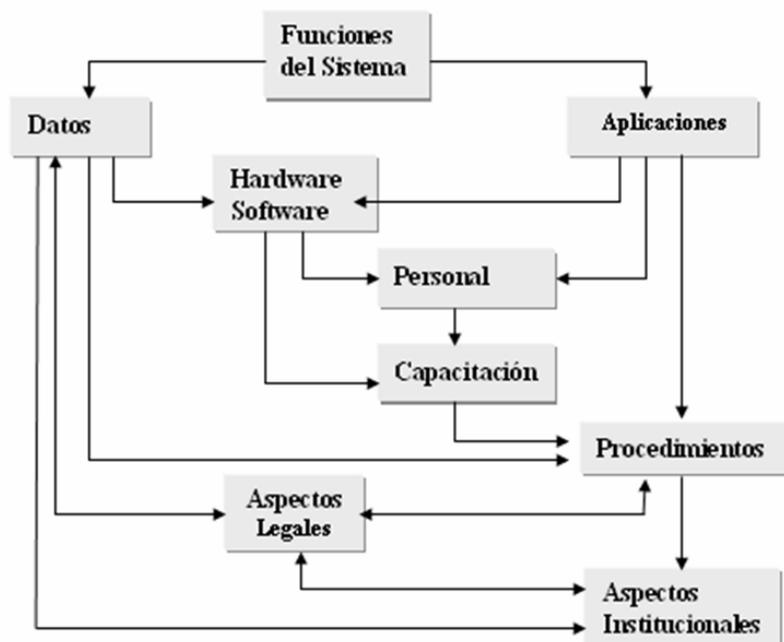


Figura IV.1. Jerarquización de funciones operacionales para SIG. Fisher M., 1999. Project Management for GIS. UNIGIS, Manchester Metropolitan University.

### 1.1. Sistema Informático

Un sistema informático se compone de hardware (equipamiento físico requerido) y de software (conjunto de programas o instrucciones desarrollados en un lenguaje informático en particular que utiliza el ordenador para ejecutar tareas específicas).

La combinación de los requerimientos de entrada, de salida, memoria y procesador es lo que hace de los SIG ligeramente diferentes del resto de las aplicaciones. El software

SIG también es muy variado en su naturaleza, según las prestaciones del ordenador, la manera en que interactúa con el usuario y el mercado al que va destinado.

## **1.2. Datos**

En un SIG los datos tienen la propiedad particular de estar referenciados geográficamente, contando con características o componentes principales tales como: posición geográfica, atributos temáticos, relación espacial con otras entidades (topología) y temporalidad.

Las entidades espaciales, definidas como “elementos del mundo real que no pueden ser divididos en otros fenómenos de la misma clase y sobre los cuales se almacena una información en una base de datos geográficos”, pueden ser representadas digitalmente como puntos, líneas, polígonos, superficies y redes (éstas dos últimas como entidades más complejas).

Hay varias maneras de referenciar espacialmente los datos. Entre las características generales que un sistema de referenciación debe tener, se destacan la estabilidad, la habilidad para mostrar puntos, líneas y polígonos, y la habilidad para medir longitudes, tamaños y formas.

Los sistemas de referenciación espacial más comunes se encuentran dentro de uno de estos tres tipos: coordenadas geográficas (latitud y longitud), coordenadas rectangulares (malla de coordenadas rectangulares como transformación de la superficie de la tierra en una superficie plana utilizando una proyección de mapas), sistemas sin coordenadas (división de la tierra en secciones y cuartos, números referenciales únicos, etc.).

## **1.3. Procedimientos de análisis y gestión de datos**

Los procedimientos de análisis y gestión de datos en un SIG son aquellos que trabajan con los datos georreferenciados. En un SIG, normalmente hay procedimientos para la entrada de datos, manipulación, edición de los datos después de su entrada, gestión, recuperación, análisis, modelización y salidas de datos.

En este proceso lógico de eventos requeridos, las funciones del sistema permiten manipular los datos, usando las aplicaciones que trabajan con el hardware.

## **1.4. Recursos humanos**

La información implica datos, utilizada por el usuario, y con un propósito determinado. Los SIG son contemplados no sólo como una tecnología sino también como parte de un proceso de toma de decisiones.

El personal es entrenado así para operar los procedimientos, lo que puede requerir algunos cambios organizacionales dentro de los parámetros de las estructuras legales.

Cada una de estas funciones están afectadas por las acciones de la función precedente, y el diseño final de cada función afectará directamente el trabajo de la siguiente función. Así mismo, algún cambio requerido dentro de una función podría generar una reacción en cadena a lo largo de todas las funciones siguientes.

Esta interdependencia determina que las funciones organizacionales tiendan a ser las que repetidamente presenten más dificultades, por lo que deberá ser atendido durante todo el proceso de desarrollo e implementación de sistemas de información geográfica.

## **2. Funciones SIG**

Cada software SIG presenta un conjunto de funciones y una estructuración de éstas en forma lógica. Los tipos y disposición de las funciones reflejan la lógica del sistema de diseño y las clases de usos formulados.

Básicamente se distinguen cuatro grupos básicos de funciones relacionadas con:

- Entrada de datos y control de calidad
- Almacenamiento de datos y gestión de bases de datos
- Modelización y análisis de datos
- Visualización y salida de datos

### **2.1. Entrada de datos y control de calidad**

La entrada de datos es el proceso de convertir estos datos de su formato original a uno que pueda ser usado por el SIG (Aronoff, 1989).

Los tipos de información a incorporar a un SIG pueden incluir datos de percepción remota (fotografías aéreas e imágenes de satélite), datos capturados mediante sistemas GPS (Global Positioning System/Sistema de Posicionamiento Global), datos de encuestas y censos, mapas digitalizados, entre otros; y siempre la calidad de los datos necesita ser revisada, para evitar errores introducidos durante los procedimientos de entrada de los datos y errores en los datos originales.

Los datos geográficos generalmente contienen algún tipo de error referido a alguna de sus tres componentes: espacial, temática o temporal; por lo que se deben considerar como componentes de la calidad de datos, aspectos tales como: exactitud posicional, exactitud temática, consistencia lógica, temporalidad e integridad.

### **2.2. Almacenamiento de datos y gestión de bases de datos**

Los datos en el SIG deben ser almacenados en un sistema de gestión de bases de datos, donde son almacenados en tablas y en capas de mapas, debiendo contar con funciones para la actualización, edición y manipulación de los datos gráficos y de atributos.

Las funciones de manipulación están disponibles para ayudar a la organización, corrección y actualización de los datos de manera que el análisis se puede llevar a cabo en forma eficiente. Así mismo debe indicarse que los métodos de almacenamiento o las estructuras de las bases de datos seleccionadas pueden limitar o controlar las funciones que podrá realizar el SIG.

### **2.3. Análisis y modelización de datos**

La habilidad de un SIG de realizar análisis y modelización de datos espaciales es lo que realmente lo hace diferente de otros sistemas de información, caracterizado con la posibilidad de integrar datos de diferentes fuentes y de producir nueva información como resultado de esta integración SIG. Las características analíticas de un SIG pueden considerarse desde dos puntos de vista:

Primero, en función de las herramientas que ofrece:

- consultas sencillas o complejas a la base de datos (localización geográfica y/o atributos temáticos)
- álgebra de mapas (combinación matemática de capas temáticas)
- operadores de distancia (corredores de proximidad, efectos de fricción y costes, barreras absolutas)
- operadores de contexto o vecindad (modelo digital del terreno, filtros digitales, análisis de superficies, análisis de cuencas, análisis de visibilidad, modelado de oferta/demanda)

En segundo lugar, en función de los tipos de operaciones que realiza:

- consulta a las bases de datos (extracción de información, combinaciones de variables para su análisis, procedimientos de medición y análisis estadístico, búsqueda de patrones espaciales)
- cartografía derivada (obtención de nuevas capas derivadas a partir del conocimiento de las relaciones entre los elementos de la base de datos, relación matemática entre variables)
- modelización de procesos o simulación (conocimiento y evaluación de procesos en un medio ambiente complejo; toma de decisiones por múltiples criterios, límites imprecisos y niveles aceptables de riesgo)

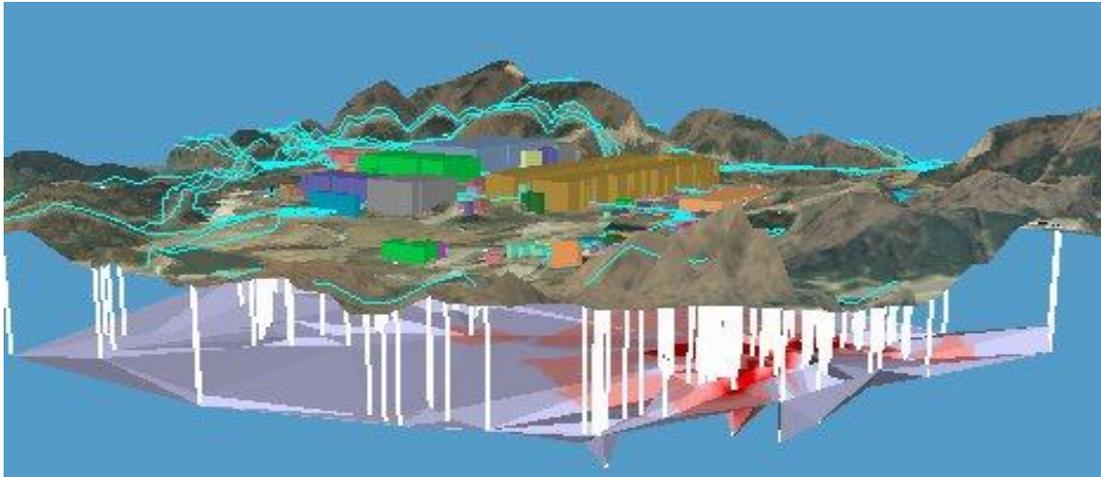


Figura IV.2. Funciones SIG de modelado tridimensional del territorio. Fuente: ESRI.

## 2.4. Salida y visualización de datos

Una vez que el análisis y la modelización de nuestros datos están completados, es necesario presentar los resultados de alguna forma sencilla que permita interpretarlos y comunicarlos, tales como mapas, planos, tablas, gráficos, reportes, o archivos digitales para ser analizados en otros paquetes de software como hojas de cálculo, programas gráficos de diseño y edición, paquetes de análisis estadístico o simplemente por otro SIG.

La manera en que los resultados son extraídos dependerá de factores tales como el costo, usuarios y destinatarios finales o bien el tiempo disponible. Si bien estos factores influyen en un proyecto SIG desde el principio hasta el final, son particularmente importantes para la comunicación efectiva de los resultados.

Una vez obtenidos los resultados y debido a que el proceso SIG es muy dinámico, seguramente será necesario entrar nuevos datos o cambiar los existentes, repetir algunos de los procedimientos de análisis, cambiar la modelización o producir nuevas salidas de datos.

Siempre será preciso evaluar la calidad de los procesos, ya que las fuentes más comunes de errores alcanzan a las distintas etapas de representación de la realidad y al análisis de un SIG, tales como abstracción de la realidad, captura de datos, almacenamiento, manipulación y análisis de los datos, salidas cartográficas y utilización de los resultados (Aronoff, 1989).

## 3. Software SIG vectoriales y raster

### 3.1. Programas informáticos para extraer información del territorio

Varios paquetes de programas informáticos hacen posible ahora mejorar, analizar, interpretar y extraer información significativa del territorio. Existen programas

comerciales, algunos muy costosos y otros más asequibles (gran parte puede disponerse a través de la web), que se ejecutan en computadoras personales corrientes y requieren un mínimo entrenamiento para su uso. Además, muchos programas disponen ahora de algoritmos y subprogramas adaptados a la medida para extraer la información comúnmente necesaria a industrias específicas como las de minería, explotaciones forestales y/o planificación urbana.

Se ofrece a continuación las descripciones de cuatros tipos de programas más comunes para el procesamiento de imágenes y sistemas de información geográfica:

- Visualización de imágenes raster
- Cartografía informática o cartografía digital
- Procesamiento de imágenes
- Sistemas de información geográfica

Los programas de **Visualización de imágenes raster**, como su nombre lo indica, se utilizan principalmente para visualizar y realzar gráficos e imágenes raster. Estos paquetes de programas se emplean más frecuentemente para mejorar la calidad de fotografías e imágenes digitalizadas, pero son lo suficientemente flexibles como para expandir el contraste de una imagen digital de satélite con miras a su interpretación visual.

La Comisión Nacional de Actividades Espaciales de la República Argentina (CONAE) ofrece un Visualizador de imágenes, disponible en su página web [www.conae.gov.ar](http://www.conae.gov.ar). Como guía general, pueden mencionarse Photo Shop, Paint Shop Pro, Corel Draw, Photo Paint, entre otros programas comerciales utilizados para visualización de imágenes.

Los programas de **Cartografía informática**, se desarrollaron para crear mapas que muestran geográficamente datos comerciales, medioambientales y otros que, de otro modo, sólo podrían presentarse en hojas de cálculo.

Un paquete de cartografía informática realiza funciones sencillas de expansión o realce de imágenes y permite al usuario superponer con exactitud una gran variedad de capas vectoriales, como redes de transporte, de saneamiento, infraestructura de servicios, figuras censales, densidad de población, etc. Esto ilustra una amplia variedad de datos en una perspectiva geográfica precisa, de gran utilidad para aplicaciones a gran escala, especialmente las urbanas.

Un ejemplo de programa de cartografía digital lo constituye Map Maker, ofrecido en la página web [www.mapmaker.com](http://www.mapmaker.com). Como guía general pueden mencionarse Autocad, MapInfo, Microstation, Arc View/Arc Gis, entre otros programas comerciales disponibles.

Los paquetes de **Procesamiento de imágenes** pueden realizar mejoras muy complejas que realzan las características de las imágenes. Probablemente, su aplicación más valiosa y extendida es la capacidad de buscar una imagen y clasificarla en clases similares de ocupación y uso del suelo, aplicando el proceso llamado clasificación digital de imágenes.

Muchos de estos programas también le permiten al usuario fundir una imagen de satélite con otras, con fotografías aéreas, imágenes de radar, datos geofísicos (aeromagnéticos, sísmicos, geoquímicas, etc.) así como con datos vectoriales (redes viales, parcelas, datos censales, etc.).

El Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) de Brasil ofrece un programa de tratamiento digital de imágenes raster denominado SPRING, en su página web [www.inpe.gov.br](http://www.inpe.gov.br). Como guía general, pueden mencionarse Idrisi, ErMapper, Erdas, PCI Geomatics, Image Analyst, Envi, entre otros programas comerciales disponibles.

Los programas de **Sistemas de información geográfica** permiten al usuario superponer diversos tipos de datos rasterizados o vectorizados para hallar, visualizar y analizar las relaciones entre ellos, en una combinación de cartografía digital y bases de datos alfanuméricos (Figura IV.3). Las imágenes de satélite pueden utilizarse en un SIG como un mapa básico idóneo sobre el que se colocan otras capas en una perspectiva geográfica común, o bien para poblar el SIG con rasgos y objetos del terreno que se localizan e identifican en las imágenes.

MAP MAKER además de sus funciones para cartografía digital, constituye un sistema de información geográfica vectorial, ya que ofrece la vinculación de información gráfica (cartografía e imágenes) con información temática (bases de datos alfanuméricos con información sobre características o atributos temáticos de los elementos cartografiados) pudiendo realizar consultas y análisis espaciales, [www.mapmaker.com](http://www.mapmaker.com).

Como guía general pueden mencionarse ArcView/ArcGis, MapInfo, Geomedia, Smallworld, Microstation Geographic, entre otros programas comerciales de SIG vectoriales disponibles.

SPRING además de sus funciones de tratamiento digital de imágenes, constituye un sistema de información geográfica raster, ya que ofrece la vinculación de información gráfica (cartografía e imágenes) con información temática (bases de datos alfanuméricos con información sobre características o atributos temáticos de los elementos cartografiados) con la finalidad de realizar consultas y análisis espaciales, [www.dpi.inpe.gov.br/spring](http://www.dpi.inpe.gov.br/spring).

Como guía general pueden mencionarse Idrisi, ErMapper, Erdas, PCI Geomatics, entre otros programas comerciales de SIG raster utilizados.

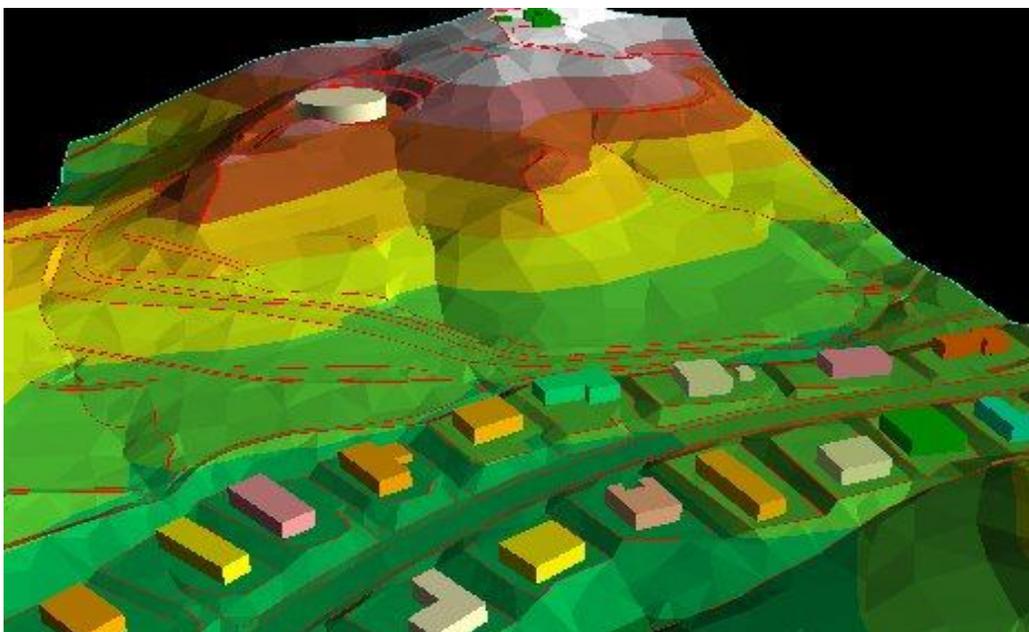


Figura IV.3. Combinación de datos vectoriales y raster. Fuente: ESRI, 2002.

Para evaluar las herramientas de software para análisis territorial, conviene tener en cuenta algunas características generales (Chuvieco, 1997):

- Calidad del hardware y software en relación con el costo, capacidad de almacenamiento, sistema de visualización, disponibilidad para futuras expansiones.
- Rapidez de proceso, en función de los componentes físicos, lenguaje de programación y estructura de algoritmos empleados.
- Diálogo con el usuario, facilidad de manejo, sistemas de menú e instrucciones de ayuda, para obtener resultados en el menor tiempo posible.
- Capacidades de exportación e importación de archivos, tipos de formatos a los que accede, con especial interés en aquellos más estándares.
- Capacidades de programación, considerando si los programas ofrecen herramientas para diseñar modelos propios de tratamiento.

Las características más destacadas de los software básicos y avanzados actualmente en el mercado de acuerdo a la tipología establecida de SIG están en relación directa a su costo, por lo que en función de las necesidades y del presupuesto disponible, será el usuario final el que juzgue la conveniencia de una u otra opción.

### **3.2. Software SIG Vectoriales Vs Software SIG raster**

Debido a la existencia en los SIG vectoriales de dos tipos diferentes de datos, los espaciales y los temáticos, se pueden diferenciar tres modos de análisis en un SIG vectorial: análisis de variables temáticas, análisis de la componente espacial y modelado cartográfico (Bosque, 1997).

La gran afinidad entre la representación del formato vectorial y la producción cartográfica tradicional favorece su aplicación a planificación y gestión urbana, catastros y sistemas de información catastral, gestión de instalaciones, geodemografía y marketing, elaboración de rutas para vehículos.

Las herramientas de SIG Desktop constituyen programas que gestionan información geográfica vectorial con una forma de interacción con el usuario más fácil de entender, como ARC VIEW, MAP INFO, ATLAS GIS, AUTOCAD MAP, MAP MAKER, entre otros, como ya se mencionaran, ofreciendo soluciones adecuadas en la realización de trabajos profesionales de menor envergadura.

Los SIG vectoriales avanzados para PC y estaciones de trabajo permiten mayores capacidades analíticas, superposición de mapas, análisis de redes, toma de decisiones y poderosos lenguajes de macros para automatización de tareas, algunos de ellos son ARCINFO con alta expansión internacional, los productos GENASYS por su política de inserción en el mercado y GEOMEDIA con su reciente lanzamiento de módulos mejorados para análisis espacial.

Los SIG raster tienen gran afinidad con el tratamiento digital de imágenes ya que la estructura de datos es muy similar. No se establece tan claramente la separación entre los datos temáticos y los datos espaciales, surgiendo en forma implícita de la ordenación espacial de los valores en las retículas, donde las operaciones analíticas de reclasificación y superposición de mapas resultan las más empleadas.

Las aplicaciones más importantes de los SIG raster corresponden a inventarios y gestión de los recursos naturales, estudio de las capacidades de uso de un territorio y evaluación de impacto ambiental.

Dentro de los SIG raster básicos de bajo costo, IDRISI constituye uno de los programas que gestionan información geográfica y tratamiento digital de imágenes de manera atractiva y de fácil comunicación con el usuario. Así mismo, también se ha mencionado al software SPRING, de libre disponibilidad en el sitio web del INPE, Brasil.

Los SIG raster avanzados para PC y estaciones de trabajo permiten aprovechar más adecuadamente los recursos físicos, admiten múltiples ventanas de trabajo y tienen capacidad multitarea y multiusuario. Incorporan herramientas novedosas de visualización 3D dinámica y modelos digitales del terreno, generación de ortofotos digitales, módulos radar, incorporación de herramientas de análisis, de clasificación digital y módulos de apoyo a la decisión espacial.

Existe una amplia gama de equipos raster, ya mencionados. ERDAS Imagine cuenta con una mayor difusión internacional, ErMapper ofrece un entorno basado sobre la creación de algoritmos virtuales, PCI Geomatics cuenta con herramientas de análisis muy novedosas como análisis de redes neuronales y clasificación borrosa (Chuvieco,

1997) e ILWIS incorpora herramientas más potentes y actualizaciones a sus productos.

El esquema presentado a continuación resume el proceso de integración y análisis de la información geográfica a través de distintos componentes de software de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica.

En la Figura IV.3 se presenta una visión global de los componentes de software SIG para adquisición, almacenamiento, análisis y representación de datos espaciales, según Eastman (1997). No todos los sistemas poseen estos elementos, pero para considerarse un verdadero software de gestión SIG debe incorporar la mayor parte de ellos.

- En algunos sistemas SIG las **bases de datos espacial y temática** están diferenciadas entre sí, mientras que en otros están integradas en una sola entidad.
- Las utilidades de **producción cartográfica** en pantalla o en la base de datos posibilitan el uso de dispositivos de impresión para salidas cartográficas muy básicas, dejando las sofisticadas a sistemas de software para publicación de alta calidad.
- El sistema de **digitalización de mapas** posibilita la transformación de información analógica a formato digital, permitiendo algún tipo de edición de los datos digitalizados.
- El sistema de **gestión de bases de datos** utilizado en SIG para la introducción, gestión y análisis de datos temáticos incorpora una gama de utilidades para la gestión de los componentes temático y espacial de los datos geográficos almacenados.
- El **sistema de análisis espacial** es el elemento distintivo de los SIG ya que incluye el análisis de datos mediante el proceso de superposición y comparar elementos distintos basándose en su localización y coincidencia espacial.
- Algunos software incluyen capacidades para el **tratamiento digital de imágenes** permitiendo acceder a datos originales obtenidos mediante la técnica de teledetección para captura de datos y convertirlos en mapas temáticos a partir de varios procedimientos de clasificación.
- El **sistema de análisis estadístico** en SIG ofrece procedimientos tradicionales y programas especializados para la descripción estadística de los datos espaciales.
- El **sistema de toma de decisiones** ofrece ayuda para localización de recursos, evaluación multicriterio y multiobjetivo, e incorporación del error en los procesos.

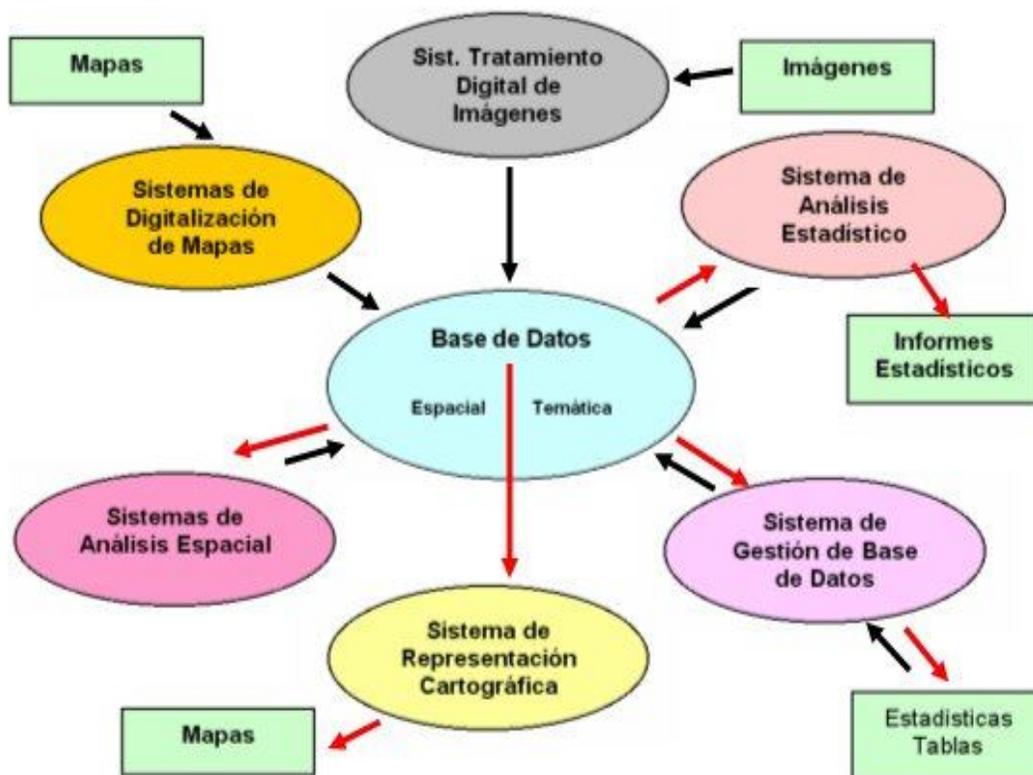


Figura IV.4. Componentes de software SIG integrados. Fuente: Eastman, 1997.

### 3.3. Aplicaciones de software SIG

En relación a las aplicaciones de los SIG, se distinguen seis grandes tipos de cuestiones a las que un software SIG puede responder: localización, condición, tendencias, rutas, pautas y modelos. Estas cuestiones son de interés primordial en las actividades de planificación.

Dado que los SIG trabajan con datos sobre el mundo real, es posible implementar modelos que permitan predecir cuáles serán las tendencias futuras o qué efectos se producirán en caso de que cambie alguno de los elementos del sistema territorial (Gutierrez y Gould, 1994).

Básicamente, pueden diferenciarse tres grandes tipos de aplicaciones de los SIG: inventarios, análisis y gestión (Gutierrez y Gould, 1994).

- **Inventario:** se caracteriza por las aplicaciones relacionadas con los grandes inventarios de datos. En esta fase los sistemas son utilizados fundamentalmente para realizar consultas (ej.: cuestiones de localización y condición).

- **Análisis:** se caracteriza por resolver cuestiones más complejas, que exigen relacionar distintas capas de información y utilizar técnicas estadísticas y de análisis espacial. (ej.: cuestiones de condiciones y tendencias).
- **Gestión:** se caracteriza por surgir una orientación hacia la gestión y la decisión, es decir, un acercamiento hacia lo que se conoce como Sistemas de Apoyo a la Decisión (SAD). Se pone un énfasis especial en el análisis espacial sofisticado y en la modelización. (ej.: cuestiones de rutas, pautas y modelos).

La utilización de imágenes de Teledetección combinado a los SIG puede aportar ampliamente en el estudio de fenómenos ambientales, previsión del tiempo, detección y monitoreo de focos de incendio y áreas quemadas, deforestación, entre otros.

Así también, su aporte es relevante en el estudio de ambientes naturales, como bosques y selvas, cuerpos de agua litorales y fluviales, características del relieve y ambientes acuáticos, recursos minerales, ambientes helados, ambientes áridos; y de ambientes transformados, tales como ambientes acuáticos, ambientes rurales y ambientes urbanos.

A través del procesamiento de imágenes de sensores remotos puede obtenerse información referida a precipitación, uso y cobertura de la tierra, índices de vegetación, redes de drenaje y cuencas hidrográficas, temperatura de superficie, humedad del suelo, nieve/hielo, entre otros.

Las ortofotocartas digitales y cartas imágenes son productos que combinan las imágenes características provenientes de vuelos aerofotogramétricos y/o captura de datos desde satélites de observación de la tierra, con la calidad geométrica de un mapa (por ejemplo, la información puede presentarse en Proyección Gauss Kruger, Sistema Geodésico WGS84), pudiendo ser usado en numerosas aplicaciones SIG o combinado con otros datos digitales, especialmente para aplicaciones de gestión urbana.

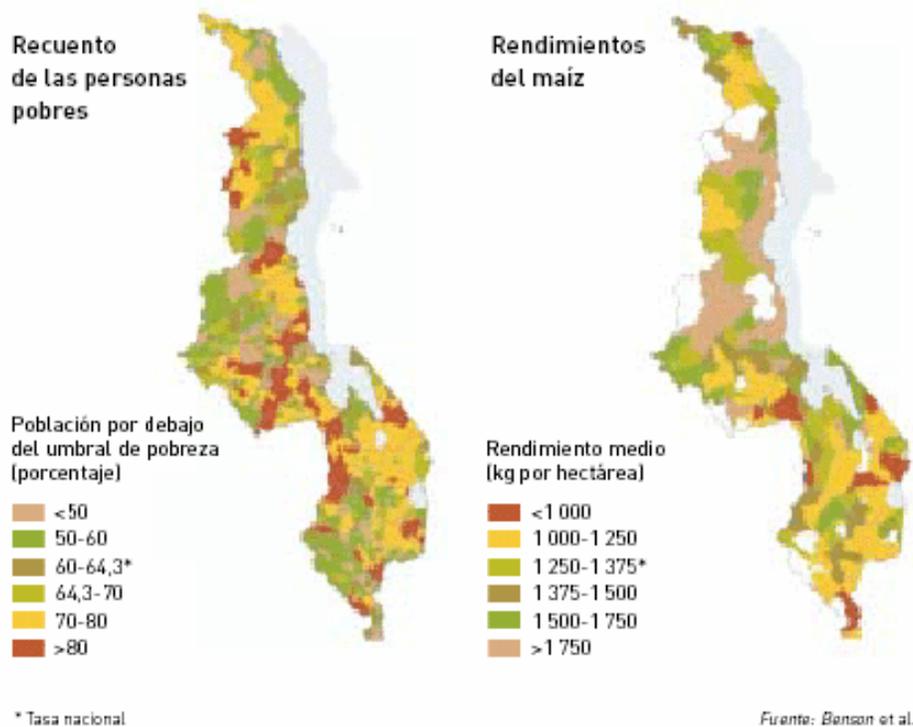


Figura IV.5. Aplicaciones socio-económicas de los SIG. Fuente: FAO, 2004.

#### 4. Diseño de aplicaciones SIG y modelización de datos.

Según UNIGIS (1999), el diseño de un modelo de datos para una aplicación SIG implica:

- Identificar los fenómenos que influyen en la aplicación.
- Decidir cómo se deben representar estos elementos en entidades espaciales.
- Adoptar el modelo de datos espaciales que se adapte mejor al propósito.
- Escoger una estructura de datos que se ajuste al conjunto de datos disponibles, con los tratamientos y los requisitos analíticos.

Este proceso implica tratar con un gran número de requisitos tecnológicos y conceptuales:

- El formato de la fuente de datos disponible.
- Las potencialidades técnicas del sistema SIG a utilizar.
- El conocimiento conceptual sobre la aplicación, los datos requeridos y las funciones a realizar.
- El conocimiento técnico del modelo de datos espaciales, de la estructura de datos y de su elección más adecuada para realizar una tarea específica.
- Los requerimientos dinámicos de necesidades de información de los usuarios (ej. períodos de actualización de la información).

Los sistemas de información geográfica son herramientas multipropósito, por lo que sus campos de aplicación son muy diversos. Algunas de las principales aplicaciones de estos sistemas, citados en Gutierrez Puebla (2000), se refieren a:

- **Medio ambiente y recursos naturales:** aplicaciones forestales, monitoreo de cuencas hidrográficas, predicciones de cosechas, cambios en los usos del suelo, estudios de impacto ambiental, control de plagas, localización de vertederos de residuos, estudios de suelos, cartografía dinámica de la degradación o recuperación ambiental, evaluación de aptitud de tierras, lucha contra la contaminación.
- **Protección civil:** prevención de riesgos, toma de decisiones ante desastres y catástrofes.
- **Catastro:** informatización del catastro de bienes inmuebles urbanos y rurales, actualización de parcelas, herramienta para la toma de decisiones en los ámbitos legal, administrativo y económico, apoyo para la planificación y desarrollo, etc.
- **Transporte:** mantenimiento y conservación de infraestructuras de transporte, trazado de infraestructuras lineales, impacto territorial de las nuevas infraestructuras, sistemas de navegación para automóviles, etc.
- **Redes de infraestructuras básicas:** gestión y planificación de redes eléctricas, telefónicas, de distribución de agua, de gas, alcantarillado, etc.
- **Planificación urbana:** gestión de información en municipios relativa al planeamiento, propiedad de los bienes inmuebles, gestión de impuestos, infraestructuras, normativa urbanística, localización de nuevos equipamientos, gestión de información socio-cultural.
- **Salud y epidemiología:** localización de los focos de ciertas enfermedades y localización de hospitales.
- **Seguridad:** prevención del crimen.
- **Educación:** gestión de información educacional, apoyo para la planificación educativa.
- **Estudios de mercados:** Análisis espacial de mercados o Geomarketing, SIG en negocios. Geodemografía como ayuda para las actuaciones del Gobierno y en todo tipo de estudios sociales.

Pues bien, sabemos entonces que:

- Un SIG hace más que simplemente recuperar información existente;
- Un SIG puede producir nueva información mediante la combinación de datos existentes;
- Esta información de valor añadido puede ser usada para ayudar a la toma de decisiones;

- La representación de los resultados desde un SIG en forma de mapas es tan sólo uno de los métodos de salida de información, otros métodos pueden ser usados para satisfacer a los que toman las decisiones.

La Figura IV.6 sintetiza la utilidad de los SIG para gestionar los datos y analizar información, como base para su valoración, gestión de acciones y toma de decisiones.

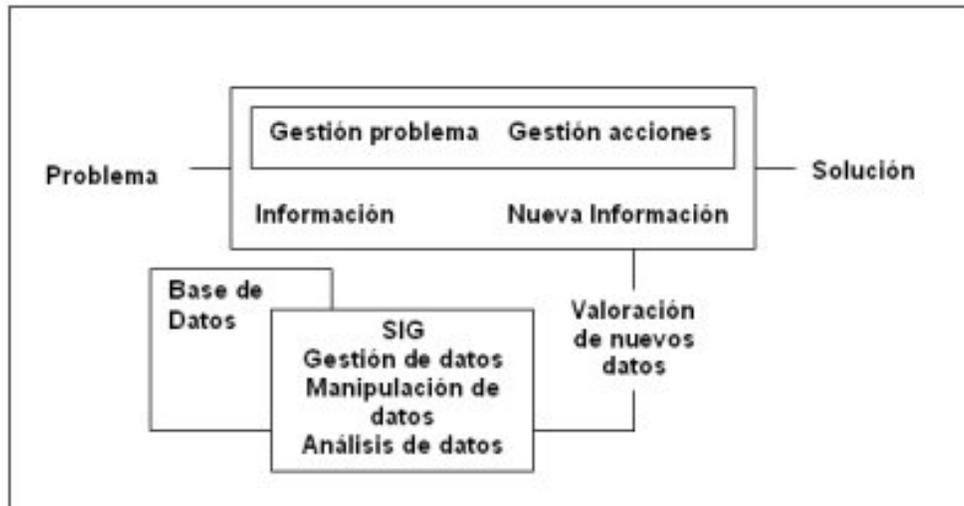


Figura IV.6. El papel de los SIG en la toma de decisiones (UNIGIS, 1999).

Así mismo, desde hace varios años se dice de los SIG que son una tecnología “Capacitadora” y “Democratizadora” (Burrough, 1986):

- **Capacitadora**, porque, sin ser una aplicación sectorial, ya que no ha sido diseñada para resolver sólo un problema específico, facilita la resolución de problemas ambientales y sociales muy diversos.
- **Democratizadora**, porque el público en general está accediendo rápidamente a la tecnología SIG más simple y, a través de ella, a grandes cantidades de información.

Pero para que los SIG se conviertan plenamente en una tecnología capacitadora y democratizadora debe realizarse un gran esfuerzo en investigación y desarrollo sobre la integración de los datos. El público en general puede introducirse aún más en el mundo de los SIG, si los datos de los SIG son compatibles con los de otros sistemas, como las hojas de cálculo, las bases de datos y los programas gráficos.

Existe una gran necesidad de almacenar y registrar datos o mayor información acerca de los datos, es decir, metadatos, lo que incluye información sobre cuestiones como la historia, el estado actual y la calidad de los datos de un SIG.

Los metadatos pueden contener también información sobre la compatibilidad de los datos, por ejemplo si una base de datos puede ser combinada con otra; así como

también, para calibrar el valor de la información geográfica, una cuestión actualmente difícil.

La difusión futura de los SIG depende de la mayor facilidad de su uso. La mejora en la interacción usuario-SIG debe basarse específicamente en el uso de los SIG en función del ambiente de trabajo del usuario, y ofrecer mayores herramientas optimizadas para tal ambiente.

### **Preguntas acerca de “Sistemas de Información Geográfica”**

- ¿Cuál es el elemento o componente de SIG más relevante o prioritario, respecto de los otros? ¿Por qué?
- ¿Cuál es la función prioritaria de los SIG que permite diferenciarlos de los sistemas de cartografía automatizada o bases de datos alfanuméricos?
- ¿Qué características generales hay que tener en cuenta para evaluar las herramientas de software de análisis espacial? Comparemos algunos software vectoriales como Map Maker y Arc View; y algunos raster como Spring y Erdas, según estos criterios.
- ¿Qué subsistemas específicos para adquisición, almacenamiento, análisis y representación de datos espaciales, debe tener un software SIG completo? Comparemos nuevamente software vectoriales y raster según estos criterios.
- ¿En qué se diferencian los tres grandes tipos de aplicaciones de los SIG?
- ¿Qué etapas implica el diseño de un modelo de datos espaciales?
- A partir de un cuadro síntesis, analizar los requerimientos concretos de cada una de las etapas implicadas en el diseño de un modelo de datos, para distintas aplicaciones SIG y casos de estudio:
  - Catastro físico, jurídico y económico de un gran espacio urbano.
  - Catastro físico, jurídico y económico de un espacio rural importante.
  - Estudio de la tasa de deforestación en una provincia argentina.
  - Análisis de mercado para instalar nuevas agencias bancarias y cajeros automáticos en una ciudad.
  - Optimización del sistema de transporte urbano y de media distancia.
  - Gestión integral de cuencas hidrográficas.
  - Estimación de superficie cosechada (soja, maíz) en una región.
  - Determinación del grado de afectación en el territorio por un tornado de interés para compañías aseguradoras.