

## LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA APLICADOS AL PATRIMONIO. EL SinambA: UNA APLICACIÓN MEDIO AMBIENTAL

Fernando Giménez de Azcárate Fernández.  
*Jefe del Departamento de Análisis Espacial.*  
*Dirección General de Planificación y Participación.*  
*Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.*

### INTRODUCCION

Los Sistemas de Información Geográficos (S.I.G.) se suelen presentar con demasiada frecuencia planteados, desde la perspectiva de las casas comerciales o distribuidoras, de manera que la visión que se transmite de los mismos aparece bastante mediatizada por los intereses particulares de éstas. Nuestra concepción, muy al contrario, se apoya en la experiencia que tenemos como grupo de trabajo en la utilización de estas herramientas para el manejo de la información y para la generación de modelos, en definitiva, como usuarios durante más de trece años de la herramienta en sí.

En el momento actual estamos asistiendo a una expansión en la utilización de los S.I.G. y en general en el empleo de las técnicas de **Análisis Espacial** tanto en sectores en los que anteriormente nunca se habían aplicado como en disciplinas en las que aunque se aplicaba, bien sea por dificultades de planteamiento bien por lo engorroso de su aplicación, se utilizaba de forma muy somera.

Es toda una novedad la aplicación del análisis espacial en la definición de rutas óptimas para el reparto de mercancías en grandes ciudades o a nivel de la banca donde se emplea para analizar los tipos de clientes relacionándolos con su domicilio particular. Los bancos siempre han dispuesto de la dirección de sus clientes, hasta el momento sólo la empleaban para tenerlos al día del estado de salud de su cuenta corriente. Actualmente, al igual que las compa-

ñías de seguros, utilizan estos datos como información espacial analizando tanto la localización de sus clientes actuales como de los potenciales y se valen de ella para definir estrategias comerciales de promoción donde la localización de los clientes supone un elemento de gran interés o simplemente como apoyo en la ubicación de nuevas sucursales, cajeros automáticos, etc.

Un tema más cercano y en el que no es novedoso aplicar el análisis espacial es en la Arqueología. Actualmente existe una mayor sensibilización a la hora de referenciar espacialmente la información y se concede cada vez más atención a los temas relacionados con la precisión en la localización de los datos. Se habla de Arqueología Espacial, en ella se utilizan estas técnicas para analizar los contextos en los que se localizan los yacimientos, cómo se relacionaban entre sí y cómo lo hacían con el medio que les rodeaba, pudiendo establecer mapas de probabilidad de localización de yacimientos en base a la proximidad de ríos, antiguas vías de comunicación, relieve, orientación de las laderas, productividad de los suelos, disponibilidad de acuíferos, etc.

En general pensamos que este tipo de evolución se está dando o se va a ir dando a corto plazo en muchas otras disciplinas y que va a conducir a que cualquier tipo de información adquiera un gran valor añadido por el hecho de encontrarse georreferenciada con unos niveles mínimos de precisión. Esto permitirá que esa información se pueda cruzar o correlacionar con otras con todo lo que ello puede suponer de cara a su explotación.

En la exposición que sigue comenzaremos por dar una descripción general de los S.I.G. y los elementos principales que los componen para terminar presentando el Sistema de información ambiental de Andalucía (Sinamba) como ejemplo de desarrollo realizado utilizando estas herramientas dentro de la Administración Andaluza y centrados sobre todo en los temas medioambientales.

### **EL RECONOCIMIENTO DEL ESPACIO GEOGRÁFICO. EVOLUCION DE LOS SISTEMAS DE CAPTURA Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

El hombre, para estudiar o analizar el territorio que le rodea, se ha encontrado siempre con la necesidad de aislar mentalmente o considerar por separado los aspectos constitutivos de éste que le parecen más relevantes de cara a su análisis o estudio. Para ello, se ha valido de diferentes procesos metodológicos que permiten abstraer la parte de la realidad que le interesa y *trasladarla* a su gabinete, laboratorio o lugar de trabajo.

Desde los primeros trabajos realizados, que se apoyaban en una serie de descripciones exhaustivas, acompañadas de croquis de situación y dibujos, a la situación actual, se ha recorrido un largo camino en el cual se han ido incorporando a esta labor todos los avances que la tecnología ha ido poniendo a su disposición.

Si nos centramos en la cartografía, se han ido produciendo avances en los sistemas de representación, instrumentos de medición, instrumentos de restitución, en los métodos y dispositivos de cálculo, materialización y densificación de las redes geodésicas, incorporación de la fotogrametría, aparición de los sistemas de posicionamiento global, etc. Todo esto ha permitido ganar en rigor, precisión y riqueza de contenido.

Han ido apareciendo también nuevos dispositivos y tecnologías que ayudaban a *recoger* esa realidad: la fotografía tanto aérea como terrestre, la teledetección, los sensores multispectrales y cómo no, los ordenadores, que también revolucionaban este mundo, facilitando el manejo de

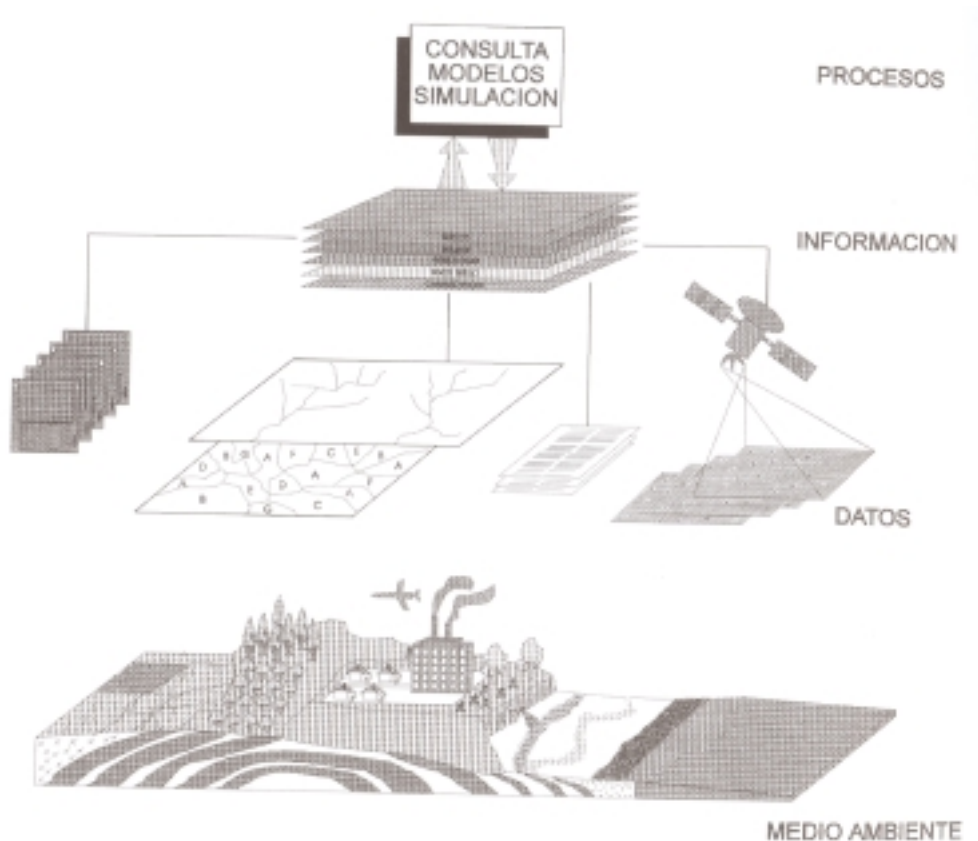
grandes volúmenes de información y permitiendo su rápido procesado. De esta manera, estos avances han permitido que en la actualidad se pueda contar con numerosas herramientas, y dispositivos para, de una forma extraordinariamente precisa, llevar a cabo esta labor de reducción esquemática de la realidad sin la cual no son posibles los procesos de análisis del espacio que nos rodea.

Es en todo este contexto y en la última fase de esa evolución en el que han aparecido los sistemas de información geográficos (S.I.G.). Estos permiten integrar todas esas múltiples formas de recoger la realidad e interrelacionarlas entre sí. En un S.I.G. tiene cabida la cartografía, ya sea topográfica o temática, la imagen de satélite, cualquier base de datos por compleja que sea, la fotografía aérea o terrestre,... Existe una sola condición: todos estos elementos deben estar perfectamente *georreferenciados*, o lo que es igual, se debe saber con precisión la localización en el espacio de cada uno de los elementos que se manejan. Servirse de la georreferenciación como elemento conector de toda esta variedad de información no es ni más ni menos que, de una forma figurada, volver a colocar cada cosa en su sitio.

Los S.I.G. contemplan la realidad desagregada en diferentes *capas* homogéneas de información. Para lo cual, hay que realizar un proceso de estructuración y homogeneización de los datos de manera que sean susceptibles de conformar niveles de información organizados según sus contenidos temáticos. Estos deberán tener siempre una misma base topográfica de referencia lo que permitirá que se puedan superponer perfectamente todos entre sí.

El S.I.G. puede manejar el mapa topográfico de una zona, éste, obviamente, tiene coordenadas y por tanto está perfectamente georreferenciado. También manejará simultáneamente los mapas temáticos que contienen la vegetación, los suelos, el relieve, la geología, etc. Igualmente, puede también manejar la base de datos de temperatura y pluviometría correspondiente a una o varias estaciones meteorológicas que se encuentren localizadas en esa zona, los datos demográficos de cada uno de los núcleos de población, los planos del parcelario urbano y rústico, redes de

**Figura 1. Abstracción de la realidad y desagregación en capas de información georreferenciada.**



calles, redes de conducciones, planos de edificios y además asociarles fotografías de los monumentos más destacables que existan.

En definitiva, y por lo visto hasta ahora, se trata de una herramienta, que permite organizar, manejar y consultar información espacial. Pero no solamente cuentan con estas funcionalidades; la parte sin duda menos explotada de los S.I.G. y la que encierra un mayor potencial es, sin duda, la posibilidad que tienen éstos para combinar entre sí la información básica que contienen y generar, como resultado, una nueva información fruto de esa operación. Esto es lo que realmente los diferencia de otras herramientas menos evolucionadas y es lo que, a la vista de los resultados obtenidos, va a permitir realizar las labores de simulación, apoyo a la toma de

decisiones o desarrollo de modelos.

### **LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS. ELEMENTOS BÁSICOS QUE LO INTEGRAN.**

Existen ya numerosas definiciones de los S.I.G.:

- Base de datos computerizada que contiene información espacial (Cebrian y Mark, 1986).
- Una tecnología informática para gestionar y analizar información espacial.
- Un conjunto de herramientas para reunir, introducir (en el ordenador), almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos (Burrough, 1988).
- Un tipo especializado de bases de datos,

que se caracteriza por su capacidad de manejar datos geográficos, es decir, espacialmente referenciados, los cuales se pueden representar gráficamente como imágenes (Bracken y Webster, 1990).

- Un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (NCGIA, 1990).
- Un conjunto de equipos informáticos, de programas, de datos geográficos y técnicos organizados para recoger, almacenar y presentar eficientemente todas las formas de información georreferenciada (ESRI, 1992).

Reconociendo de antemano el valor de todas estas definiciones y aprovechando el hecho de no estar ante la obligación de tener que formular en este preciso momento otra, pensamos que puede ser bastante más ilustrativo acercarnos a lo que son realmente los S.I.G. analizando con un cierto detenimiento todos los componentes que integran a los mismos.

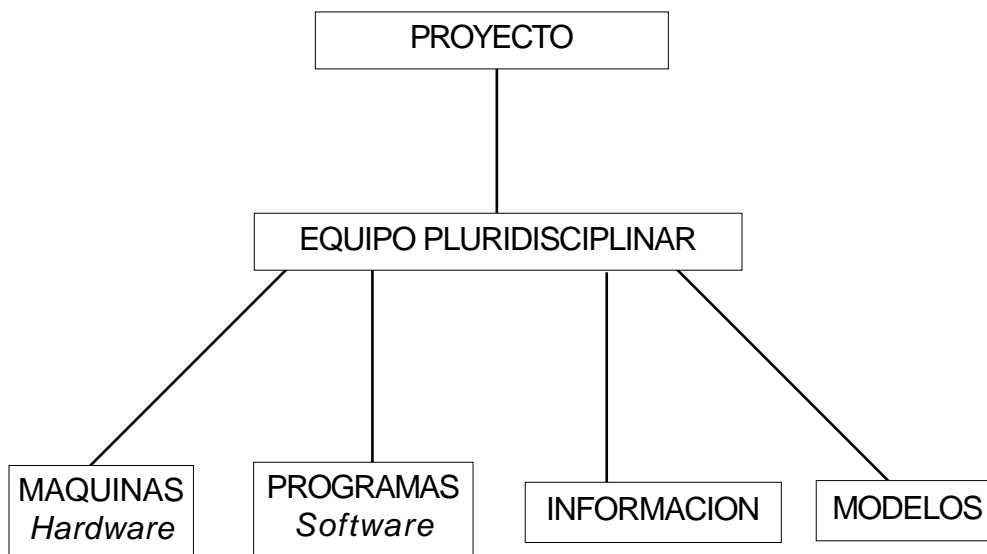
Un error repetido con demasiada frecuencia

ha consistido en hablar de la existencia de un S.I.G. desde el momento en que se cuenta con un software y un ordenador. A continuación veremos que son imprescindibles algunos otros elementos básicos, sin los cuales no es operativa esta herramienta y que son éstos los que realmente determinan su implantación real y el futuro del proyecto a medio y largo plazo.

La figura nº 2 recoge los componentes mínimos que deben integrar un Sistema de Información Geográfico. Todos y cada uno de estos elementos son indispensables para poder considerar que realmente contamos con un S.I.G., existe una interrelación total entre todos y cada uno de ellos, de manera que la solución que adoptemos para cualquiera, su diseño o dimensionamiento condicionará al resto, repercutiendo de forma directa en el resultado final.

También es destacable la multitud de posibilidades de variación que existen, ya no sólo para el conjunto, sino para cada uno de sus componentes. Esto supone, que no cabe pensar en un S.I.G. preparado de antemano para resolver *mi* problema concreto, todo lo contrario, a la vista de unas necesidades y en unas condiciones dadas existirán varias soluciones posibles

**Figura 2. Componentes de un Sistema de Información Geográfico.**



todas ellas igualmente buenas.

Con estas ideas genéricas, pasemos a analizar de forma particular cada uno de los componentes que integran los S.I.G.:

### 1. El Proyecto.

Es tal vez el componente al que menos atención se le ha venido prestando y, sin duda, es del que depende en mayor medida el éxito o fracaso de nuestro trabajo, sobre todo en su primera fase. Se comenta en algunos informes redactados por casas comerciales que alrededor del 25% de los usuarios muestran al cabo del año su desilusión por no responder el producto a las expectativas que se habían marcado. Esto es en gran medida consecuencia de haber prescindido del proyecto a la hora de implantar el S.I.G. o, lo que es igual, haber planteado de forma incorrecta el mismo como consecuencia del desconocimiento que tienen de esta tecnología. A continuación veremos algunos aspectos que pueden ser de interés a la hora de abordar el proyecto.

Desde el momento que se plantea la conveniencia o no de optar por un S.I.G. se tendría que realizar antes que nada un estudio de las necesidades concretas que precisan los futuros usuarios del sistema. En muchos casos es conveniente que éste lo realice alguien con experiencia, de manera que enfoque su estudio desde el conocimiento a fondo de la herramienta y con experiencia en otras implantaciones. El futuro usuario, en la mayoría de los casos, tiene una visión distorsionada o cuando menos reducida de las potencialidades que ofrecen estas herramientas, corriendo el riesgo de optar por una solución limitante a corto plazo.

Los datos reflejados en los dos próximos gráficos proceden de unos estudios y encuestas realizados por una casa comercial de gran implantación en el mercado mundial de los S.I.G. Se han realizado tomando la información de usuarios con sistemas implantados y funcionando durante algún tiempo, lo cual permite tener una cierta perspectiva a la hora de analizarlos tanto en el espacio como en el tiempo. Aunque generalizar tiene siempre sus riesgos, en la figura nº 3 se muestra, a nivel porcentual,

cómo se distribuyen las labores que realizan los usuarios de un S.I.G. tipo con una dimensión media-alta y con algunos años de implantación.

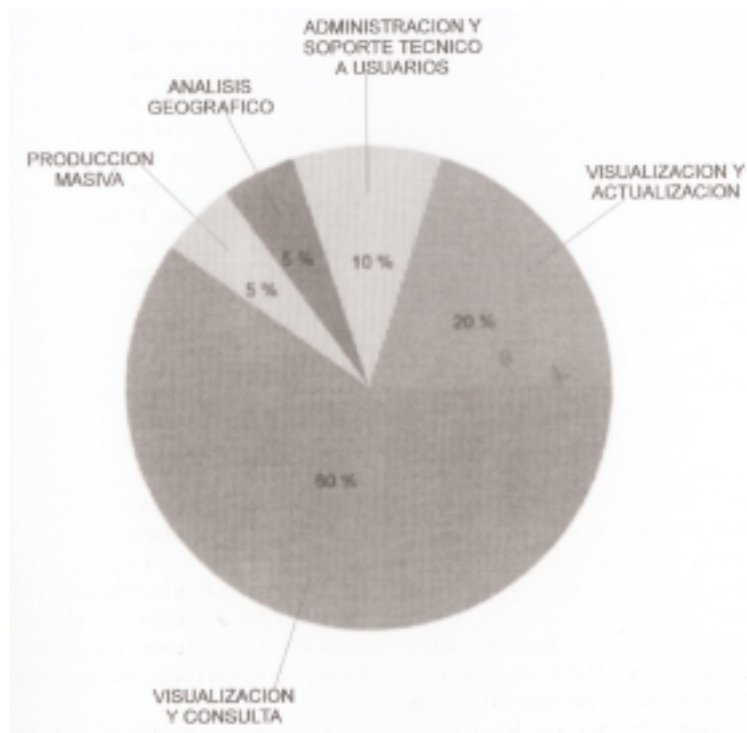
Vemos que, aproximadamente, el 80% de los usuarios lo utilizan en labores de visualización y consulta, con o sin actualización de los datos que manejan. Estas labores se pueden realizar perfectamente con otras herramientas informáticas, que casi siempre son más baratas y más fáciles de manejar. Evidentemente, cuando las necesidades que se pretenden cubrir se centran exclusivamente en estos trabajos y se opta por implantar un S.I.G. se estará sobredimensionando innecesariamente la solución y se pasará a engrosar ese 25 % de usuarios que a corto plazo muestran su descontento.

Un 10% de las funciones utilizadas corresponden a labores de administración y soporte técnico a usuarios; estas labores van vinculadas siempre a grandes proyectos, en los que existe un importante número de usuarios del sistema que son expertos en disciplinas concretas pero no conocen a fondo esta herramienta informática. Esto obliga a tener que dedicar recursos para desarrollar interfaces que faciliten el acceso y manejo a todos estos usuarios del sistema.

Por contra, cuando se trata de proyectos no tan grandes, generalmente el número de usuarios directos del sistema es reducido y frecuentemente la escasez de recursos obliga a que tengan ellos mismos que aprender el manejo de los programas y las aplicaciones no existiendo por lo tanto esta partida. El apartado de producción masiva se refiere fundamentalmente a labores de edición de información, fundamentalmente gráfica, tanto a nivel analógico como a nivel analítico. No siempre sigue, como en el caso anterior, una relación directa con el tamaño del proyecto ya que es frecuente que existan empresas u organismos que desarrollan mucho más esta vertiente y utilizan en forma masiva estas funcionalidades de edición. En general suponen un 5% de las funcionalidades utilizadas por los usuarios tipo de los S.I.G.

Igual que en el caso anterior, incluso si precisamos añadir a nuestras consultas la realización de productos cartográficos concretos derivados de la información contenida en nuestro

**Figura 3. Funciones utilizadas predominantemente por los usuarios de un S.I.G. Fuente: ESRI España.**



sistema y quisiéramos realizar ediciones masivas de la misma, tendríamos actualmente en el mercado productos mejor enfocados a esta finalidad concreta y que ofrecen mayores posibilidades, si cabe, que los propios S.I.G.

Un porcentaje idéntico al anterior, solo un 5%, corresponde a la utilización de las funciones relacionadas con el análisis geográfico. Cabría preguntarse, pues, en qué consiste el análisis geográfico para que pueda quedar justificado optar por un S.I.G. como la mejor solución.

La potencialidad que ofrece esta opción se basa en que permite realizar, de una forma muy rápida, operaciones que relacionan diferentes tipos de información con su localización en el espacio; de aquí, esa necesidad que se ha comentado ya de tener perfectamente localizada la información en el espacio o lo que es igual, georreferenciada. Esta herramienta permite responder a preguntas directamente relacionadas

con determinados elementos o variables y su localización espacial: ¿qué tipos de usos del suelo hay en una zona determinada, comarca, municipio,...? o, realizando la pregunta a la inversa: ¿cuáles son las zonas en las que se encuentran determinados cultivos en regadío?.

Una demanda algo más compleja que también se puede resolver de forma muy sencilla con estos sistemas sería, siguiendo con el ejemplo anterior, disponer de las relaciones que existen entre los rendimientos obtenidos por un cultivo y los tipos de suelos existentes para, en base de los resultados obtenidos, establecer las localizaciones óptimas de ese cultivo.

Por último, permite realizar labores de modelización, que permiten plantear determinadas cuestiones al sistema en base a la información de que dispongamos. Estas pueden ser del tipo: ¿qué ocurrirá en un sistema cuando se dan las condiciones....?

En definitiva, tendrá sentido optar por una herramienta S.I.G. siempre que se tenga la necesidad de ir más allá de las simples labores de consulta directa a la información o la simple realización de salidas gráficas, cuando se tiene la necesidad no sólo de almacenar mapas sino que se precisa almacenar bases de datos, es decir, contenidos mucho más amplios de información, y se necesita trabajar con ellas relacionarlas entre sí de manera más o menos compleja.

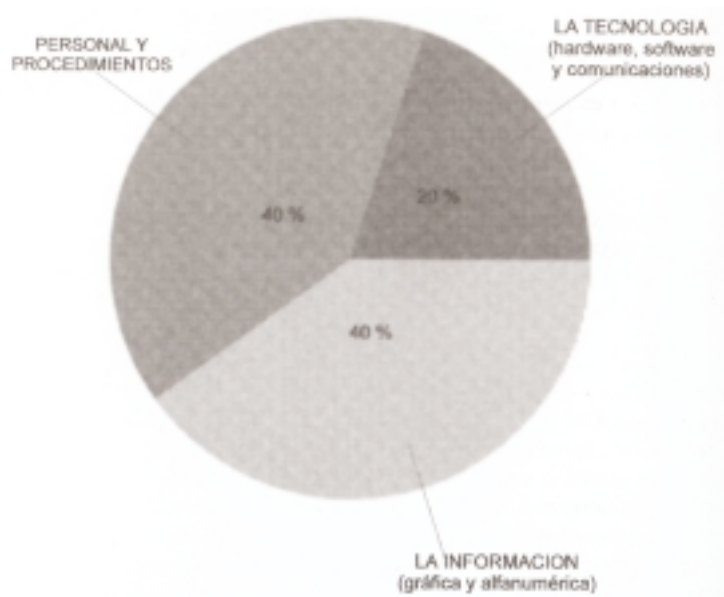
También es interesante, a la hora de plantearse un proyecto de esta naturaleza, además de estudiar pormenorizadamente las funcionalidades que se precisan, analizar detenidamente cómo se distribuye la inversión en los distintos componentes de un S.I.G.

Este segundo gráfico, aunque es bien simple, puede resultar muy ilustrativo para un gran número de personas que se plantean instalar por primera vez un S.I.G. en su empresa u organismo oficial y para los que su principal preocupación consiste en indagar qué equipo y qué programa va a ser el elegido. Aquí se refleja cómo la inversión en software, hardware y

comunicaciones supone solamente el 20% de la inversión total. Repartiéndose las inversiones en personal, en procedimientos y en la información el 80% restante. Un proyecto bien planteado debe permitir conocer a corto y medio plazo cómo se distribuirán las inversiones de una forma concreta, detallando cada una de las partidas que lo componen. Es claro, que dependiendo de la situación inicial y de las pretensiones futuras variarán éstas.

Por ejemplo, si el S.I.G. va a estar dedicado a una labor concreta como puede ser la distribución de mercancías en una ciudad, la partida de información de base será relativamente reducida y con pocas variaciones en el tiempo ya que una vez cargado el callejero o mapa de carreteras de la zona de trabajo, solamente serán precisas pequeñas actualizaciones para mantener la base de información que precisamos. Por el contrario, si se dedica a la gestión del medio ambiente tendremos que la información será la partida más importante y que su tendencia natural será a crecer en el tiempo, dado que difícilmente se llegará a tener toda la información básica necesaria para poder desarrollar las labores de gestión y ordena-

**Figura 4. Distribución de la inversión en un proyecto S.I.G.**  
**Fuente: ESRI España.**



ción del medio que le son propias. En este último caso se manejarán grandes volúmenes de información que deberá ser actualizada, en muchos casos, en cortos períodos de tiempo.

Una cuestión a destacar en relación a la definición del Proyecto es que ya existen entidades que ofrecen estos servicios, incluso oficinas de proyectos que en principio, no dependen de ninguna casa comercial de software o hardware.

Con todo lo visto, queda suficientemente justificada la necesidad de realizar un proyecto. Será de mayor o menor importancia, dependiendo de las pretensiones que se tengan o del tamaño del S.I.G. que se quiera implantar. En cualquier caso, permitirá tener una visión más clara del camino a recorrer y evitará posibles decepciones. En un plano ya puramente estratégico, es conveniente marcar en el proyecto una serie de metas, que establecidas de una forma realista, en función de los medios con que podamos contar, permitirán ir obteniendo objetivos concretos. Si condicionamos los primeros resultados a tener totalmente operativo el sistema generalmente tendremos que esperar años.

## 2. El Equipo Pluridisciplinar.

Durante algún tiempo apenas se ha hablado del equipo humano como elemento esencial en los proyectos S.I.G. Si bien es cierto que últimamente, cada vez se le va prestando mayor atención y es ya muy frecuente que en las presentaciones, comunicaciones y ponencias se dedique un tiempo a la descripción de las características del equipo humano que desarrolla y mantiene el sistema o el proyecto, apareciendo éste como un dato de gran interés a la hora de realizar un análisis de conjunto.

En parte, ha ido ocupando el lugar que le corresponde debido a sonados fracasos motivados en gran medida por no haber previsto en el diseño del proyecto la necesidad de contar con un grupo de técnicos suficientemente formados tanto a nivel de conocimientos informáticos como a nivel de los conocimientos propios de las temáticas que se abordan.

Ya se expuso anteriormente cómo el 40% de la inversión de un proyecto tipo corresponde al personal y los procedimientos. El dato económico refleja la importancia relativa que en un proyecto de estas características tiene el equipo humano. Sobre ellos recae no sólo la labor de manejar unos equipos informáticos más o menos sofisticados; también dependerán de forma directa las labores de diseño, mantenimiento y explotación del sistema.

Deberá resolver cuestiones como:

- ¿Qué información es necesario incorporar al sistema y cómo se deberá capturar ésta para hacerla más versátil?
- ¿De qué forma se presentará la información para que cubra las necesidades de los demandantes?
- ¿Cómo resolver de forma eficaz las demandas de todo tipo que por parte de los usuarios llegan al sistema?
- El diseño y desarrollo de los modelos, aplicaciones, etc.

Para el desarrollo de cualquier proyecto que se aparte de la explotación directa de los datos es necesario dominar disciplinas muy distintas y es difícil llevarlo a cabo con éxito sin la participación de un equipo de técnicos especializados en diferentes áreas, tanto a nivel temático como informático.

Generalmente, los diseños clásicos de estructuras de personal, responden a un esquema que trata por separado el personal de tipo informático y el de tipo temático. En la práctica sucede que cada vez es más necesaria una colaboración estrecha entre ambos. Habrá pues que comenzar estableciendo una estructura de personal en la cual los técnicos en las diferentes disciplinas informáticas y temáticas estén totalmente integrados, fomentando que se estrechen las líneas de colaboración entre ambos.

Es un hecho ya demostrado que, transcurrido un cierto tiempo de trabajo, unos y otros pasan a dominar un terreno común y trabajan realmente como un equipo pluridisciplinar reduciéndose, por otra parte, las diferencias lógicas que existían en un principio. Los trabajos se abordan de forma conjunta, y es gracias a la



participación de todos que se consiguen sacar adelante los trabajos con buenos resultados.

El número de personas necesario vendrá determinado, como es lógico, de forma directa por la magnitud del proyecto. También tiene mucha importancia el esquema que se haya establecido de cara a la ejecución del mismo: se puede optar por esquemas que van desde la realización interna de todos los trabajos implicados en el proyecto a esquemas en los que el personal exclusivamente va a realizar labores de control de los trabajos que se ejecutan. En general, no son aconsejables ninguno de estos dos extremos, siendo una cuestión muy concreta que vendrá determinada por las circunstancias específicas de cada caso el que se opte por la solución más adecuada.

A nivel orientativo la figura nº 5 muestra la evolución que se ha producido en el personal relacionado de forma directa al desarrollo del SinambA. En el mismo, se ha diferenciado entre personal informático y temático con objeto de que se pueda analizar mejor el gráfico si bien se da una estrecha colaboración entre ellos hasta el punto de existir dudas a la hora de determinar si una persona se debe encuadrar en uno u otro apartado. También aparecen relacionadas las formaciones de los componentes del grupo de trabajo, destacándose la gran diversidad de las mismas.

Ya se ha comentado que para la determinación del equipo de trabajo necesario será preciso diseñar y conocer en cada caso las labores que se llevarán a cabo de forma directa por el equipo de trabajo y cuáles serán susceptibles de ser realizadas por terceros. Incluso hay que tener presente que, aunque esté previsto contratar determinadas trabajos a terceros, es necesario disponer de personal experto que diseñe, valide, corrija y estructure éstos, de manera que tengamos garantizada la bondad de los resultados y su correcta integración con el resto de informaciones o modelos.

Las labores más frecuentes a realizar una vez concretado el diseño básico del S.I.G. son: captura y carga de datos, actualización de información, generación de salidas tanto gráficas como

alfanuméricas, corrección de nueva información a incorporar, diseño de aplicaciones y elaboración de modelos.

Algo importante para los proyectos de pequeñas dimensiones en lo referente a la necesidad de personal, es la evolución que se está produciendo en los paquetes informáticos de última generación, en los que se está cuidando especialmente conseguir presentaciones del producto cada vez más amigables. Esto los hace accesibles a un gran número de personas con reducidos conocimientos informáticos, por lo que en un sistema sencillo esta circunstancia hace que se pueda reducir el número de técnicos necesarios para manejar el sistema. Sobre todo a nivel de consultas básicas y operaciones sencillas que en general suelen aparecer recogidas en forma de menú o herramientas de utilización directa.

Este planteamiento cambia cuando son necesarios desarrollos no contemplados previamente en estas opciones prediseñadas o bien se entra en cuestiones más complejas que requieren un conocimiento informático profundo de la herramienta S.I.G. para poderlas llevar a cabo. En estos casos es imprescindible contar dentro del grupo de trabajo con expertos que implementen los programas necesarios para cubrir estas necesidades o bien que tengan la suficiente formación como para diseñarlos y poder realizar el seguimiento de los técnicos que se contraten a tal efecto. En cualquier caso, es de vital importancia para asegurarse el buen fin del proyecto contar con el equipo humano suficiente para garantizar el control de todas las labores que se realizan con el sistema.

Es destacable el hecho de que hasta hace pocos años no existiese un destacado número de profesionales formados en estas disciplinas. En corto espacio de tiempo la evolución ha sido importante, siendo ya numerosos los centros universitarios, de diferentes formaciones, que han incorporado la enseñanza de estas herramientas en los planes de estudio, con lo que cada vez es mayor la oferta de profesionales que, además de los conocimientos propios de su carrera, conocen y utilizan los S.I.G. como herramienta de trabajo.

**Figura 5. Evolución del personal encargado del desarrollo y mantenimiento del Sinamba.**

### 3. El Software y el Hardware.

corresponde al software y al hardware alrededor del 20% del presupuesto total del proyecto. Habrá que ser consecuentes y dedicarle un esfuerzo acorde a la hora de seleccionarlos, máxime si se tiene en cuenta que en ningún caso existirá para el resto de elementos un grado de asesoramiento técnico tan amplio.

Una cuestión de enorme trascendencia para los usuarios es la velocidad a que estas industrias de equipos informáticos y programas presenta nuevos productos en el mercado. Según reflejan unos recientes estudios, el hardware queda anticuado a los **tres años** de su adquisición, mientras que el software tarda sólo **cinco años**. Estos datos dan pie a una serie de puntualizaciones que puede resultar interesante comentar:

- En la mayoría de los casos nos vemos inmersos en esta dinámica debido a las condiciones que nos imponen los suministradores de estos productos. Son las casas comerciales las que fuerzan a que entremos en esta dinámica. Generalmente con la compra de estos productos se establecen, como es lógico, contratos de mantenimiento y asistencia técnica que comprometen en la mayoría de los casos, a ir incorporando por parte del usuario las nuevas versiones del producto. De poco sirve que optemos por mantener la versión originalmente adquirida porque nos resulte más cómoda y estemos acostumbrados y contentos con ella; transcurrido un cierto tiempo y puestas en el mercado algunas versiones posteriores se deja de prestar asistencia y quedamos abandonados a nuestra suerte.

- También cabe destacar, sobre todo en el caso de programas con una cierta complejidad, que es preciso un importante esfuerzo para estudiar y conocer en profundidad todas las nuevas opciones que se nos ofrecen con cada versión, teniendo que considerar unos períodos de reciclado y puesta al día para el personal técnico implicado. Llegando al extremo, de que en proyectos de una cierta envergadura se tenga que considerar esta cuestión a la hora de dimensionar el equipo de técnicos necesario.

- En cuanto al hardware, es impresionante el ritmo de evolución que nos ofrece. Cada vez

aparecen equipos de tamaño más reducido y con prestaciones más potentes. Ahora bien, esta admiración normalmente queda matizada desde el momento en que adquirimos nuestros equipos. Lo que vemos entonces es que poco después de adquirido, se ha quedado anticuado y con un precio inferior, para encontrarnos luego, y esto es ya más grave, que a los pocos meses soporta a duras penas las nuevas versiones que van apareciendo en el mercado de los programas que normalmente utilizamos.

- Otro punto importante es la cuestión puramente económica. No debemos olvidar que la causa principal de esta tremenda dinámica son las luchas entre las grandes casas comerciales que pugnan por el mercado y para ello presentan productos cada vez más sofisticados. El problema está en que detrás de todo este entramado están los usuarios que se encuentran inmersos en esta dinámica. Las opciones que se pueden elegir son dos: o permanecer al margen con lo cual, y como ya se ha comentado, llegado un tiempo se encontrará sin asistencia técnica, o bien entrar de lleno asumiendo esta dinámica con lo que ello supone a nivel de gastos e inversiones.

- Otra cuestión que cabe considerar en un plano estrictamente personal es examinar en qué porcentaje somos capaces de asimilar, estamos necesitando o utilizamos las novedades que nos ofrecen estos productos.

Evidentemente, sería absurdo cuestionar los grandes avances que van apareciendo, tanto en los programas como en los equipos, avances que facilitan y muchas veces posibilitan la resolución de cuestiones de gran interés. No obstante es recomendable analizar la medida en que se utilizan esas enormes prestaciones que se ofrecen. Muchas de estas opciones que no se utilizan o conocen son cuestiones que no interesan, pero otras y esto es lo preocupante, son opciones que pese a su interés no se conocen o utilizan por falta de tiempo para estudiarlas en profundidad y poderlas explotar debidamente.

Para ilustrar esta cuestión basta observar lo que ocurre con los programas informáticos de uso más frecuente como pueden ser los trata-

mientos de texto, las bases de datos, las hojas de cálculo, etc. En general, se suelen utilizar como máximo un cuarenta o un cincuenta por ciento de sus posibilidades y difícilmente encontramos personas que los utilicen a mayores niveles. Sin embargo todo el mundo está pendiente de la última versión y las novedades que presenta; por otra parte, cuesta entender a aquellas personas que trabajan tres o cuatro versiones por detrás de la que está en ese momento en el mercado. Cuando realmente son éstas las que tienen verdaderamente claro que estos productos son herramientas de las que valerse como ayuda a su trabajo y no un fin en sí mismo. La dinámica de la que se viene hablando nos arrastra, y debemos al menos ser conscientes, y en la medida de lo posible, hacer que primen nuestros intereses.

Centrándonos en los sistemas de información geográficos, cabe decir que son perfectamente aplicables a ellos todas las cuestiones comentadas hasta el momento de forma general. Cabe reseñar la gran evolución de estos programas que han incorporando en los últimos años un gran número de funcionalidades y herramientas. Cuestiones que anteriormente había que resolver mediante programación, actualmente aparecen incorporados directamente a los programas y lo que no es menos importante, se ha mejorado enormemente en las presentaciones: cada vez aparecen productos más atractivos al usuario, en forma de botones y menús se posibilita el acceso y manejo de estos programas a personas no expertas pero que para el desarrollo de su actividad precisan de esta herramienta, ampliándose con ellos enormemente el número de usuarios.

#### 4. La Información.

Si bien todos los elementos que componen los S.I.G. son imprescindibles, éste generalmente se contempla como el más importante de todos, llegándose a valorar la importancia de los usuarios en función del volumen y calidad de la información que manejan, cuestión que consideramos extremada ya que en ese caso se olvida algo fundamental como es valorar lo que se hace con ella.

Desde una perspectiva puramente económica tiene también una gran importancia. Como ya se ha comentado la inversión media que se suele dedicar a este componente supone el **40% de la inversión total** que se realiza de un S.I.G. de tipo medio. Se trata de una inversión que, en contraste con la analizada en el punto anterior, es permanente, ya que aunque se actualice la información mantendrá su valor histórico siendo siempre de gran interés para realizar estudios multitemporales de evoluciones, modificaciones, tendencias, etc.

Hay dos aspectos que son vitales en la información destinada a los S.I.G.: sus referencias al tiempo y al espacio. Con estos sistemas se manejan importante volúmenes de información y se opera con ella interrelacionándola entre sí. Para poder realizar estas operaciones es fundamental que toda la información aparezca encuadrada en el tiempo y en el espacio con una gran precisión. Las bases de datos, tanto alfanuméricas como gráficas, estarán todas ellas referidas al espacio utilizándose bases cartográficas comunes en cada nivel de escala, siendo básico que exista una coherencia total entre todos los datos que se manejen y su localización espacio-temporal.

Otra cuestión también a destacar son los criterios seguidos a la hora de realizar los levantamientos de información. Dependiendo de estos criterios la información será de utilidad o utilizable por un mayor o menor número de usuarios. Todo levantamiento de información supone realizar, como ya se ha comentado, una labor de abstracción, dependiendo del modelo adoptado, una misma realidad puede ser descrita o recogida de múltiples formas todas ellas válidas. En general se debe tender a realizar levantamientos de información que sean suficientemente universales como para añadirles el valor de que puedan ser utilizadas por el mayor número de usuarios y para diferentes fines o estudios.

Tomando como ejemplo un mapa de vegetación, debería ser diseñado de manera que pueda servir de documento de trabajo tanto para el botánico, el ecólogo, el paisajista, el gestor medioambiental de la zona o cualquiera que pueda necesitar esta información para trabajar con ella de forma directa o indirecta. Cuanto

más nos acerquemos a este ideal mayor valor estaremos dando al levantamiento de información. Está ya suficientemente probado que lo realmente caro en un trabajo de este tipo es poner en marcha el equipo de trabajo, los desplazamientos al campo, etc. y no suele encarecerlos nada el hecho que una vez en el campo éstos tengan que levantar alguna información adicional. Por contra, ésta puede aportar un gran valor añadido a la misma.

Una cuestión en la que también se está avanzando mucho en poco tiempo es en los procesos de carga de información en el ordenador. Hace pocos años resultaba a veces más caro digitalizar o grabar en soporte magnético la información, que el propio levantamiento de la información en sí. Actualmente se han mejorado enormemente tanto los dispositivos y programas que permiten realizar este proceso como el número de empresas que se dedican a esta actividad, mejorando sustancialmente los rendimientos y la calidad de los trabajos, cuestión esta última que como se ha apuntado anteriormente es vital para su posterior utilización.

También es muy interesante tener en cuenta las escalas gráficas de la información. El tipo de información a manejar y el uso que se va a hacer de ella son los que la determinan. Para estudios, por ejemplo, en los que se van a analizar, sobre una amplia extensión de territorio, las relaciones existentes entre diferentes yacimientos arqueológicos y el medio natural circundante será preciso optar por escalas que nos permitan manejar en un formato apropiado la zona de trabajo, teniendo en cuenta siempre que esta escala, como es lógico, deberá permitir que queden suficientemente bien definidas y representadas las variables que se contemplan. Sería apropiado, para este caso que se comenta, una escala de reconocimiento o semidetalle (E:1/100.000 - 1/50.000).

Estaremos en el extremo opuesto cuando de lo que se trate sea realizar un inventario y registro exhaustivo de alguno de estos yacimientos. Para este caso, lo realmente importante será mostrar perfectamente aspectos como la geometría y anchura de los muros, localización exacta de los restos encontrados, etc. Necesitándose pues escalas de detalle (E:1/5.000 - 1/500).

No es extraño, en base a lo que se acaba de comentar, que dentro de un mismo sistema de información geográfico se manejen diferentes escalas de trabajo. Para cada una de ellas habrá que definir una única base cartográfica, como ya se ha comentado anteriormente. También es muy importante, por la trascendencia que tendrá en el futuro, definir con buen criterio cuál o cuáles van a ser las escalas de trabajo, ya que una vez seleccionadas y transcurrido un tiempo puede resultar tremendamente costoso cambiar a otra diferente. Un elemento a tener en cuenta siempre son las escalas a las que ya existe información levantada y que es de nuestro interés. Esto puede suponer importantes ahorros de dinero y a la larga que existan escalas estandarizadas que serán utilizadas y adoptadas por todos.

En general es de todos conocido el déficit existente de oferta de información tanto básica (mapas topográficos callejeros, mapas de carreteras, etc.) como temática y especializada. Actualmente existe una tremenda descompensación entre lo que han avanzado elementos como el software y el hardware y lo que ha avanzado la oferta de información disponible para incorporar a los S.I.G. Este déficit provoca en muchos casos, que no sea factible utilizar esta herramienta por parte de empresas para la realización de proyectos que no sean de gran envergadura ya que los presupuestos no les permiten afrontar los costes necesarios para levantar la información básica. Deben ser las administraciones nacionales, regionales y locales las que en cada caso deben afrontar estos trabajos, proporcionando en su caso, la correspondiente información básica. Al mismo tiempo, son también ellas las que deberían definir los criterios y escalas con los que se deben ir levantando las distintas informaciones de cara a conseguir su generalización. La forma en que se amortizarán los altos costes de levantamiento de la información es generalizando su utilización al mayor número de personas posible.

## 5. Los Modelos.

El diccionario de la Real Academia de la Lengua define los modelos como: "Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de

un sistema o una realidad compleja que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento”.

Esta definición refleja perfectamente el concepto de modelos que se maneja en los S.I.G. Estos disponen, entre otras, de una serie de herramientas que les facultan para llevar a cabo las labores de análisis. Estas se pueden emplear individualmente o bien combinadas, y son las que permiten poder desarrollar los esquemas matemáticos con la información contenida en el propio sistema. Cuando se quiere estudiar un fenómeno se analizan cuáles son los factores que intervienen en el mismo. A partir de las informaciones residentes en las bases de datos se establecen interrelaciones, ponderando cada una de ellas según su grado de importancia, o según una formulación matemática previamente definida.

Con ellos, se pueden reproducir o simular procesos más o menos complejos del mundo real. Los resultados obtenidos son un documento con la distribución espacial de la intensidad del fenómeno estudiado lo que permite analizar o preveer evoluciones, tendencias o relaciones entre estos elementos. Cuestiones que no aparecen de forma clara si los analizásemos por separado, y que ayudan a la comprensión y estudio de sus comportamientos. En la medida que alguno de estos factores pueden ser representados no como situaciones actuales, sino como situaciones futuras o previsibles, pueden crearse “escenarios” posibles que den soporte a procesos de toma de decisiones. Además, los resultados, tanto parciales como totales de los modelos, constituyen información derivada que es perfectamente integrable de forma directa en los sistemas, con lo cual se enriquecen y amplían.

Un ejemplo sencillo puede ser el siguiente: si disponemos de la localización espacial de una serie de chimeneas que emiten un producto contaminante al aire, si disponemos también de la información climatológica en lo relativo a los valores de la velocidad, la dirección y frecuencia de los vientos y además, disponemos de la información espacializada del relieve, se podrán aplicar modelos de propagación de este producto que permitirán definir las zonas afectadas por

este contaminante e incluso el grado de afectación que sufren o sufrirán.

En definitiva, se parte de una información de base espacializada y de los algoritmos matemáticos que definen la propagación. El sistema ejecutará los algoritmos con la información de base y el resultado será otra capa de información en donde mediante polígonos se clasifica el territorio según los grados de afectación. Posteriormente, caben explotaciones de los resultados sumamente sencillas que interrelacionan éstos con otra información del sistema como puede ser la de los núcleos de población, zonas de cultivo, localización de hospitales, colegios, etc. permitiendo obtener de forma rápida y sencilla una valiosa información para la toma de medidas o decisiones.

Los resultados de estos análisis nos los proporciona el sistema según nuestra demanda en forma de mapa, tabla o ambas combinadas. En las primeras fases de explotación de los S.I.G. el mayor número de demandas, con diferencia, provienen de consultas directas de la información incorporada al sistema, o bien de cruces sencillos de dos o más informaciones. En estos casos, es recomendable establecer mecanismos sencillos de acceso a la información, de manera que estos trabajos se puedan realizar de forma directa por los demandantes de esa información, dejando la mayor parte de los recursos disponibles para llevar a cabo las labores de simulación o generación de modelos que requieren procesos de trabajo más complejos y conocimientos más profundos tanto del sistema en sí como de la información.

## **EL SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE ANDALUCÍA**

En el SinambA, nombre abreviado del Sistema de Información Ambiental de Andalucía, se pretende acumular, de forma sistemática, el máximo nivel de conocimiento del medio que en cada momento pueda obtenerse, manteniendo y ampliando sus bases de datos alimentadas por fuentes de diverso origen, y sometiendo las mismas a continuos procesos de depuración y ampliación. La información que pueda extraerse

de la interpretación de las imágenes teledetectadas es una fuente potentísima para esta tarea de depuración, ampliación y corrección de la información obtenida por procedimientos convencionales.

La interrelación global entre todos los soportes, elementos informativos y el equipo pluridisciplinar que lo ha diseñado y explota (informáticos, geógrafos, ingenieros, físicos, economistas, etc...) es la principal garantía de su eficacia como apoyo a los procesos de tomas de decisión. Su funcionamiento, como sistema capaz de simular distintas y complejas situaciones de la vida real, permitirá la evaluación de políticas o actuaciones susceptibles de incidir sobre el medio, como también de la aplicación de normas e instrumentos legales de gran importancia, como pueden ser la evaluación de impactos ambientales para la autorización de actividades, los programas de promoción de áreas desfavorecidas, el seguimiento y evaluación de los déficits medioambientales de la región, etc. El SinambA ha cubierto ya una primera fase de desarrollo que ha estado centrada en las siguientes líneas principales:

1. Confección de bases de datos, alfanuméricas georreferenciadas, sobre los principales recursos naturales (relieve, suelo, clima, agua, uso y vegetación actual), sobre la estructura socioeconómica de la región, a escala municipal, sobre la carga contaminante que pesa sobre la región, diferenciando la carga de emisión de la estructura socioproductiva y la capacidad de inmisión de diversos agentes (salud humana, flora y fauna, edificaciones, recursos naturales, etc...) que se han seleccionado, así como la cartografía temática digital asociada.

2. Conformación y desarrollo de la arquitectura informática (elementos hardware y software necesarios para el tratamiento de la información).

3. Desarrollo de las técnicas de tratamiento digital de las imágenes de satélite.

4. Definición de niveles coherentes de manejo de la información generada e integrada en el Sistema.

Este último aspecto es de trascendental importancia para comprender el funcionamiento

del SinambA, ya que en él existe un nivel de información referido a toda Andalucía, con posibilidad de uso en escalas de reconocimiento ( $\leq 1:100.000$ ) y semidetalle ( $1:50.000$ ), y un nivel de detalle (escala  $\geq 1:10.000$ ) restringido a espacios de especial interés ambiental.

En definitiva, el SinambA se configura como un modelo complejo de simulación-predicción que supera interpretaciones parciales de la realidad, en las que se han basado los modelos tradicionales de las ciencias sociales y naturales. Ello supone un avance en el estudio y evaluación de los problemas al conjugar todos los campos temáticos (biología, geología, economía, sociología...) a la hora de enjuiciar y valorar situaciones y perspectivas futuras, alejándose de las formas unívocas y restrictivas al uso.

El conjunto de bases de datos relacionadas y georreferenciadas que conforman el SinambA, va más allá de ser una mera recopilación de información, configurándose como un modelo interdisciplinario capaz de dar respuestas a cuestiones tanto explicativas de la realidad, como orientativas de futuras actuaciones de agentes públicos y privados. Preguntas como *¿cuáles son los puntos más graves de contaminación de un río y por qué causas?*, *¿cuál es el costo económico de mantener esa carga contaminante sobre determinada cuenca hidrográfica?*, *¿qué zonas del territorio presentan mayores riesgos de erosión y cuáles son los daños ocasionados a consecuencia de ello en la agricultura, en la capacidad hídrica y, por tanto, energética?*, *¿dónde se localizan y de qué tipo son las industrias más contaminantes?*, *¿qué criterios habrán de tenerse en consideración en la toma de decisiones sobre autorizaciones o evaluaciones de los impactos de determinadas actividades (turística, industrial, etc...)?*, podrán ser respondidas por el Sistema de Información Ambiental, de forma que las decisiones que diariamente se plantean en ejecución de una estrategia de desarrollo y crecimiento económico, sean acordes y racionales con un nuevo planteamiento de coherencia y respeto con el territorio y sus recursos.

### 1. La Información en el SinambA.

En cualquier Sistema de Información Geo-

gráfica, y sobre todo en uno de carácter ambiental, el más costoso, valioso e imprescindible elemento es **la información**. Debido a su diversidad (contaminación, clima, suelos, vegetación, etc...), origen (levantamientos en campo, datos de sensores en tiempo real, imágenes de satélite, etc...), dispersión geográfica (parámetros obtenidos simultáneamente a cientos de Kms. de distancia) y formatos (documentos, bibliografía, ficheros de distintos formatos, etc...) su obtención es sumamente costosa, pero aún más, su implementación en un sistema informatizado que permita un proceso global, es decir, la interrelación de todos los datos incluidos en él.

Una vez obtenidos los datos para su introducción en el sistema se utilizan varios métodos. Si son datos alfanuméricos (en papel, soporte magnético, etc...) se introducen a través de teclado en bases de datos previamente estructuradas, siempre que no sea posible su carga automática. Si se trata de datos de obtención en tiempo real (parámetros de contaminación temperatura, etc...) se hace automáticamente mediante sensores conectados a nuestra red a través de líneas telefónicas o vía radio. En el caso de información de tipo gráfico dependiendo de sus características se procede mediante digitalización o escaneado. Para la obtención de imágenes se utilizan vuelos o imágenes procedentes de sensores remotos, recibidas directamente en nuestras instalaciones o adquiridas en centros distribuidores.

Para el almacenamiento de dicha información se procede de tres formas distintas. La información alfanumérica queda almacenada en bases de datos relacionales. La información gráfica es almacenada en formato raster o vector. En el primero se guardan las imágenes teledetectadas y aquella información susceptible de tratar en modo raster. En formato vector se almacena toda la cartografía temática, acumulada en capas de contenidos homogéneos que están formadas por puntos, a los que se asocian tablas de datos (estación de aforos, meteorológica, de inmisión de la contaminación, etc...), líneas, con sentido y atributos asociados (red hidrográfica, carreteras, ferrocarriles,...) y polígonos o áreas cerradas que se caracterizan por atributos varios (usos de suelo, edificios, términos municipales, ...).

En cualquier caso toda la información posee una referencia espacial y temporal, es decir, toda ella queda referida a unas coordenadas en el espacio (proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator) y a un instante en el tiempo. La georreferenciación se hace imprescindible, pues es en el espacio en donde tienen ocasión los diversos fenómenos analizados, y pueden interrelacionarse los mismos. En la interrelación de fenómenos diversos, mutuamente influidos, referidos a las cuestiones que constituyen el objeto del Sistema de Información, es donde encuentran éstos su máxima potencia de análisis y explicación de los hechos estudiados y, por tanto, es aquí donde radica su máximo valor añadido respecto a los métodos tradicionales de análisis.

Las principales bases de datos que actualmente desarrolla el SinambA son las siguientes:

- La base de datos socioeconómica, que pretende reflejar la estructura demográfica-productiva de la región a nivel municipal. En ella se recogen informaciones relativas a las características geográficas del municipio, población, estructura de los sectores productivos, parámetros y macromagnitudes socioeconómicas (población activa, niveles de empleo, renta,...) e indicadores de niveles de bienestar.
- La base de datos de relieve, con datos de altimetría, pendientes medias, morfología, suelos representativos, geología, litología, capacidad de utilización de las tierras,...
- La base de datos de uso y vegetación, que recoge información estadística y cartográfica para usos agrícolas, forestales-naturales, urbanos y de ingeniería, acuícolas y explotaciones de recursos geológicos.
- La base de datos de inmisión y emisión de agentes contaminantes, que recoge información sobre contaminación atmosférica, de aguas y donde reciben un tratamiento especial los residuos tóxicos y peligrosos.
- La base de datos de suelos, que contiene más de 90 parámetros de tipo físico, químico y morfológico de perfiles de suelos representativos de la región.



- La base de datos sobre clima-atmósfera, que agrupa todos aquellos parámetros meteorológicos referidos a series temporales (temperaturas, precipitaciones, ...), las áreas de influencia de cada estación meteorológica, la erosividad de la lluvia, los riesgos de heladas y un índice de humedad.

- La base de datos de flora y fauna, que recoge el censo de especies de Andalucía.

- La base de datos de evaluación de impactos ambientales, que recoge un inventario de actividades que provocan impactos, por ejemplo yacimientos mineros, canteras y graveras, tanto legales como ilegales.

También existe un archivo en cintas magnéticas y discos WORM de imágenes digitales, procedentes de sensores remotos (TM de Landsat y HRVX de SPOT). Estas imágenes se pueden relacionar, mediante un tratamiento adecuado, con el resto de las bases de datos, obteniéndose ortoimágenes a escala de 1/100.000 a 1/25.000 y procediéndose a actualizaciones de la base de datos de usos del territorio y a un control de cambios y de determinadas problemáticas ambientales (contaminación litoral, incendios y estadísticas de uso,...) en toda la región.

## 2. El tratamiento de la Información en el Sinamba.

Para el tratamiento de la información, la A.M.A. dispone de distintos tipos de Software, dependiendo del tipo de datos a tratar. La información alfanumérica es manipulada por el Sistema Gestor de Bases de Datos Relacional ORACLE. Las posibilidades de manejo de esta información son las que proporciona ORACLE, semejantes en general, a las de cualquier otra base de datos relacional, con el valor añadido que supone la posibilidad de realizar consultas cuyo resultado no es un informe sino una salida cartográfica, gracias a la conexión existente entre el S.I.G. ARC/INFO y ORACLE. Como acabamos de mencionar, para el manejo de la información gráfica utilizamos el Sistema de Información Geográfica ARC/INFO tanto en modo raster como vectorial. Este sistema proporciona una

gran capacidad de análisis y modelización geográfica. Además permite digitalizar cálculos estadísticos, salidas gráficas de todo tipo, tratamientos en tres dimensiones, gestión de redes, etc... Sus aplicaciones potenciales son, en consecuencia, muy numerosas y en campos de actividad diversos. Desde la confección y revisión de la cartografía básica convencional hasta la del tipo temático de cualquier especialidad (agraria, ambiental, recursos geológicos, urbanismo,...), y siempre en plazos de tiempo difícilmente imaginables con la aplicación de otras técnicas al uso. De la misma forma que antes hemos descrito, desde ARC/INFO mediante una consulta de tipo gráfico se puede obtener una salida tabulada de datos (generación de un informe, creación de una tabla o fichero, etc...) contenidos en ORACLE. Resumiendo podríamos decir, que en ARC/INFO se almacenan las capas gráficas (puntos, líneas y polígonos con una topología asociada) y unos códigos (coordenadas U.T.M., código I.N.E. de municipio, etc...) que permiten relacionarlos con los datos contenidos en ORACLE, facilitando la asociación de información en ambos sentidos.

Por último la A.M.A. dispone de un paquete de desarrollo propio para el tratamiento de imágenes de satélite. Este paquete permite visualización de imágenes, tratamientos del color, correcciones geométricas, correcciones radiométricas, clasificaciones, filtrajes, etc. Su desarrollo comenzó en el año 1986 y ha sido programado en FORTRAN, haciendo uso de DCL de VMS y de la librería de rutinas gráficas U.I.S. propias del entorno VMS, aunque está planteada su migración a OSF/Motif.

En cuanto al equipamiento Hardware que soporta al Sistema, adjuntamos un esquema del actualmente existente en los SS.CC. de la A.M.A.

## 3. Aplicaciones del Sinamba.

Los datos introducidos en el Sistema son, normalmente, datos temáticos y espaciales derivados de una combinación de mapas existentes, fotografías aéreas y tratamientos realizados sobre imágenes obtenidas por sensores remotos. Con el subsistema de manejo de datos y el de

análisis se pueden establecer procedimientos especiales para generar informaciones derivadas, como, por ejemplo, cuáles son las mejores tierras para realizar una repoblación forestal con una especie determinada. Con el subsistema de salidas de datos se pueden obtener informes en forma tabular o cartográfica de los fenómenos a estudiar.

El SinambA permite simular la compleja realidad de la naturaleza, incluida la propia acción humana, segmentándolo en múltiples aspectos homogéneos que facilitan su comprensión y, por tanto, la planificación de las intervenciones necesarias en aras del desarrollo socioeconómico y de la protección de la naturaleza.

Algunos ejemplos de aplicaciones ya operativas pueden ser las siguientes:

- Evaluación de la dinámica litoral en Andalucía.
- Determinación de la contaminación industrial en la costa.
- Sobreexplotación de recursos hídricos por nuevas agriculturas.
- Predicción de cosechas.
- Evaluación del riesgo de erosión en Andalucía.
- Evaluación de incidencias en incendios forestales.
- Evaluación de superficies de cultivos y coberturas vegetales.
- Capacidad de uso forestal y agrícola de las tierras.

En general las aplicaciones potenciales del Sistema son tan numerosas como variadas, algunos ejemplos pueden ser los siguientes:

- Producción de cartografía, básica, temática, o de imágenes de satélite, siempre con amplias posibilidades de tratamiento, incluyendo la combinación entre ambos tipos de representación.

- Inventarios de usos, generales o específicos.
- Cálculos geográficos.
- Producción de informes especializados, y actualizados, para estudios, proyectos u otros fines que lo requieran.
- Detección y seguimiento de fenómenos o procesos físicos, naturales o artificiales (dinámica litoral, dispersión de contaminantes, incendios forestales, inundaciones y otros episodios catastróficos, cambios de usos, control de plagas y enfermedades vegetales, surgencias de agua en el mar,...).
- Pronóstico de producciones agrícolas o forestales.
- Evaluaciones de capacidad de uso de los recursos.
- Evaluaciones de calidad, impactos, o costes ambientales.
- Evaluación de aptitud de uso específico de las tierras para cultivos o especies forestales determinadas.
- Cálculos de potencialidad climática para crecimiento de la vegetación.
- Pronóstico de la erosión actual y potencial en función de diferentes alternativas de uso del suelo.
- Modelos de simulación de distribución de contaminantes en estuarios, considerando parámetros de relieve, hidrodinámica, etc.
- Modelos para la elaboración de cartografía de riesgos de incendio en tiempo real.
- Localización de puntos óptimos, por distancia física o temporal, coste económico o físico, para ubicación de actividades específicas (viveros, canteras, ...).

De esta forma el SinambA permite simular la compleja realidad de la naturaleza, incluida la propia acción humana, segmentándola en múltiples aspectos homogéneos que facilitan su comprensión y, por tanto, la planificación de las intervenciones necesarias en aras del desarrollo socioeconómico y de la protección de la naturaleza.