

Integración de técnicas híbridas de gestión de datos y de implementación de interfaces de usuario adaptables en la construcción de un SIG aplicado a la planificación rural (ESTIARA*SIG)

Becerra Terón⁽¹⁾, Antonio
 Ayala Palenzuela⁽²⁾, Rosa María
 Iribarne Martínez⁽¹⁾, Luis Fernando
 Bienvenido Bárcena⁽¹⁾, José Fernando
 Corral Liria⁽¹⁾, Antonio Leopoldo
 Torres Gil⁽¹⁾, Manuel

SPPIAM. ⁽¹⁾Dpto. Lenguajes y Computación
 Universidad de Almería
 Crta. Sacramento S/N, 04120 Almería (España)
 Teléfono: ++34-50-205078 Fax: ++34-50-215129
 e-mail: abecerra@ualm.es

⁽²⁾Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería (F.I.A.P.A.)
 Crta. de la Playa S/N, 04120 Almería (España)
 Teléfono: ++34-50-291981 Fax: ++34-50-290092
 e-mail: rmayala@ualm.es

RESUMEN

El objetivo principal del trabajo ha sido la implementación de un sistema de apoyo a la toma de decisiones dentro del ámbito de la planificación agronómica; el desarrollo de este sistema ha supuesto la realización de un análisis exhaustivo a nivel de la provincia de Almería de todos los factores que intervienen en la planificación rural, y que permiten la identificación de los riesgos principales que afectan a nuestra provincia. El sistema ofrece la capacidad de generar informes, gráficos y mapas, bien a partir de modelos predefinidos o bien construyendo de forma simple nuevos modelos. En el desarrollo del sistema se plantearon dos problemas fundamentales desde el punto de vista informático: el manejo de grandes volúmenes de información interrelacionada con distintos formatos y, por otra parte, el desarrollo de una interfaz flexible que permitiera al usuario definir formalmente sus propias funciones de explotación.

PALABRAS CLAVE: *Sistema de información geográfica, sistema de apoyo a la toma de decisiones, modelo de datos georrelacional, interfaz de usuario flexible.*

1. INTRODUCCIÓN

La provincia de Almería, localizada en la parte suroriental de España, ofrece una gran diversidad de condiciones climáticas, incluyendo el único espacio desértico de Europa, por lo que está sometida a diversos riesgos diferenciados de otras zonas del territorio.

El agua es la principal protagonista de la vida y actividad en la provincia de Almería. El clima, típicamente mediterráneo (elevadas temperaturas, totales pluviométricos muy bajos con pocos días de lluvia, normalmente torrencial, y bastantes horas de sol al año), hace que en dicho territorio aparezcan una serie de riesgos ligados básicamente a la disponibilidad de los recursos hídricos y a su utilización.

Todos estos riesgos (desertización, salinización de los acuíferos y sobreproducción por falta de planificación agronómica) deben de ser previstos y evitados mediante la realización de una planificación adecuada y ejecutando las medidas preventivas necesarias, lo que requiere disponer de una información actualizada. En relación con todo esto, se ha desarrollado el proyecto **ESTIARA**, uno de cuyos objetivos principales ha sido desarrollar una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, **ESTIARA*SIG**, que sirviera de base para la creación de un conjunto de modelos que permitieran representar de forma simplificada y esquematizada la realidad. Estos modelos constituyen una base sobre la que fundar las medidas políticas de planificación rural.

Dentro de esta herramienta era necesario integrar múltiples tipos de datos (geográficos, factuales, gráficos y fotográficos), facilitando la obtención de informes que contuvieran toda la información necesaria para la toma de decisiones de una forma clara y compacta. La rápida evolución del entorno y sus condiciones hace que sea necesaria una gran capacidad de adaptación por parte de la herramienta, debiendo permitir la incorporación de nuevos informes sin una intervención directa del equipo de desarrollo.

2. METODOLOGÍA

2.1. Desarrollo del trabajo

El trabajo realizado se puede dividir en diferentes etapas:

- a) Desarrollo del trabajo de campo para la recogida de todos los datos socio-económicos más importantes dentro del ámbito de la planificación rural.
- b) Desarrollo de la cartografía digital correspondiente a la provincia de Almería, a partir del mapa topográfico a escala 1:10.000, del CETU, Consejería de Obras Públicas (Junta de Andalucía).
- c) Descripción espacial de todo el conjunto de entidades gráficas digitalizadas en los mapas. Para llevar a cabo este proceso hemos utilizado procedimientos matemáticos (creación de topologías y descripción geométrica) que establecen relaciones espaciales entre los distintos objetos.
- d) Análisis y clasificación de las imágenes de satélite (ERDAS) utilizando capas temáticas en formato vectorial. El proceso de clasificación se ha centrado fundamentalmente en la determinación de las zonas territoriales

que influyen con mayor peso en la gestión de los recursos hídricos, centrándose fundamentalmente en los cultivos bajo plástico de la provincia.

- e) Construcción de un modelo de datos georrelacional para la integración de los distintos formatos de información que gestiona el sistema. Este modelo organiza toda la información en una base de datos referenciada espacialmente, y permite gestionar conjunta y separadamente los niveles temáticos (conjunto de elementos geográficos lógicamente relacionados) así como sus atributos temáticos asociados. El esquema conceptual asociado al modelo desarrollado garantiza la integridad y consistencia de la información.
- f) Desarrollo de **ESTIARA*SIG** para la explotación de la información, permitiendo al gestor diseñar de forma sencilla informes que presenten correlaciones no previstas entre las opciones predefinidas. Este sistema engloba toda la información geográfica y socio-económica disponible sobre la provincia de Almería y organizada según el modelo anteriormente comentado.

2.2. Funcionamiento del sistema

El funcionamiento de **ESTIARA*SIG** se puede esquematizar como sigue:

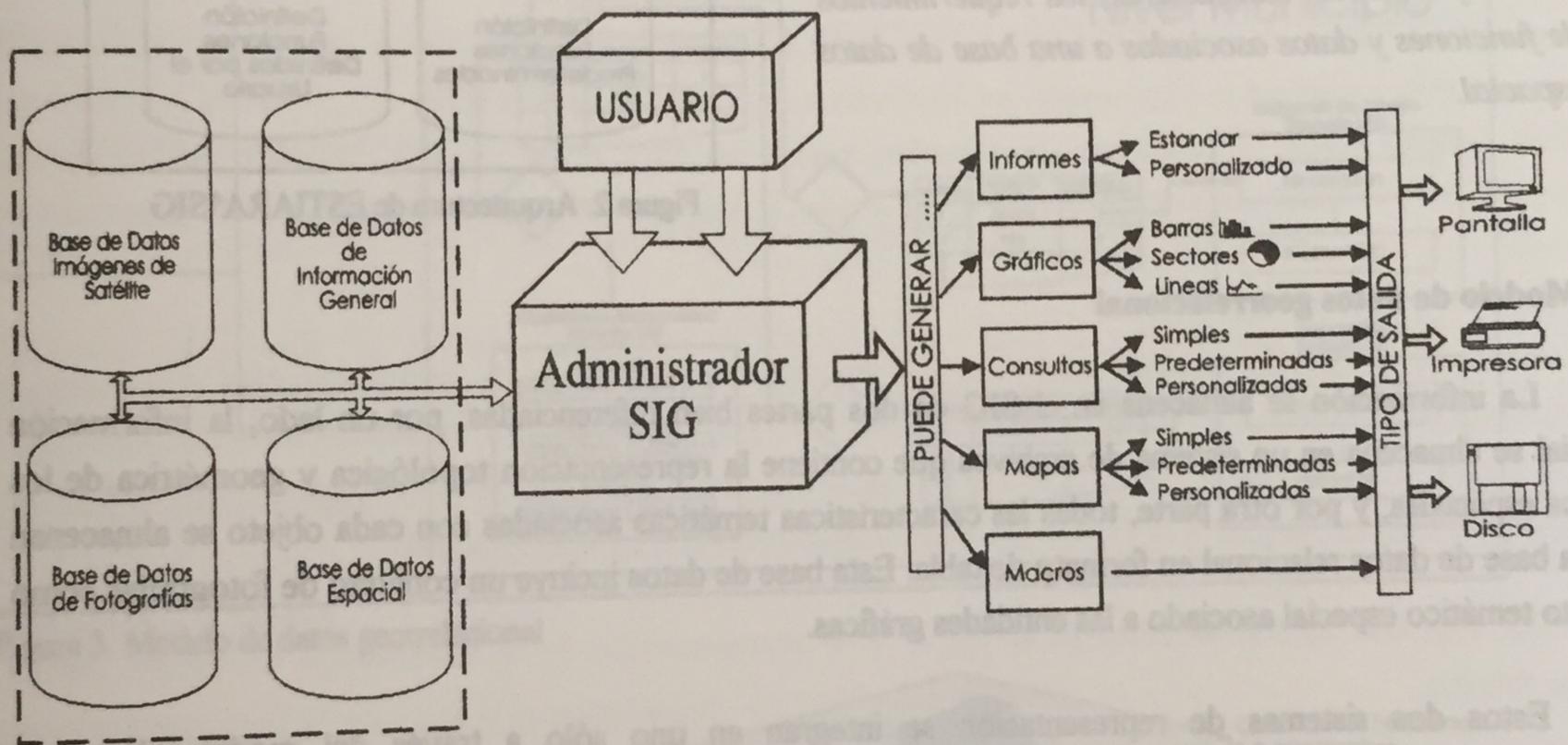


Figura 1. Esquema del funcionamiento de **ESTIARA*SIG**

El núcleo principal del sistema es el Administrador SIG, que tiene dos funciones principales:

- Gestiona la base de datos georrelacional (con sus distintos formatos de información) permitiendo establecer relaciones espaciales entre las entidades gráficas. Administra los datos alfanuméricos y gráficos referentes al espacio territorial, ofreciendo una visión lógica conjunta y una física separada.
- Permite que el usuario extraiga la información contenida en el SIG, generando diversos tipos de salida (que a su vez se pueden obtener en diversos soportes). Estas salidas pueden ser estándar (establecidas por la implementación del sistema) o personalizadas (definidas por el usuario, no informático, utilizando las funciones de explotación definidas).

A continuación se muestra de una forma simplificada la arquitectura general del sistema:

Las características más importantes que esta arquitectura confiere a ESTIARA*SIG son:

- *Es una aplicación que integra, relaciona y representa información de diversos formatos*
- *Incluye un sistema de consulta totalmente abierto y extensible*
- *Es un sistema totalmente dinámico. El usuario puede diseñar sus propias funciones e incorporarlas al sistema*
- *Se trata de un sistema consistente. La información representada por el modelo de datos desarrollado para el sistema está totalmente interrelacionada. Este modelo garantiza la integridad y consistencia de la información, satisfaciendo los requerimientos de funciones y datos asociados a una base de datos espacial.*

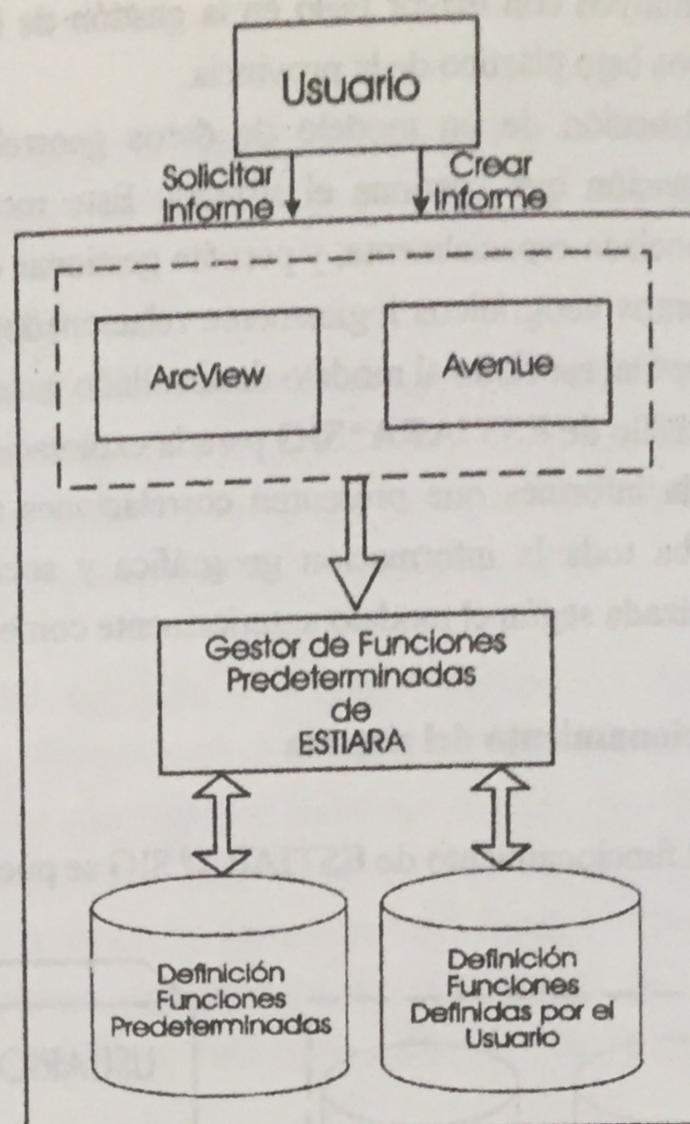


Figura 2. Arquitectura de ESTIARA*SIG

2.3. Modelo de datos georrelacional

La información se almacena en el SIG en dos partes bien diferenciadas: por un lado, la información espacial se almacena en un sistema de archivos que contiene la representación topológica y geométrica de los objetos espaciales, y por otra parte, todas las características temáticas asociadas con cada objeto se almacenan en una base de datos relacional en formato de tabla. Esta base de datos incluye un conjunto de fotografías como atributo temático especial asociado a las entidades gráficas.

Estos dos sistemas de representación se integran en uno sólo a través del modelo de datos georrelacional, estableciendo una serie de relaciones entre cada objeto espacial y sus atributos temáticos, por medio de un identificador común en ambas partes de la base de datos. Este modelo híbrido pretende evitar los problemas que aparecen en el modelo de datos relacional para poder representar los datos espaciales, entre los que Bosque (1992) identifica: la variedad de tipos de datos, registros de longitud variable, problemas de topología, etc. El modelo de datos permite operar de forma indistinta sobre todas las partes de la base de datos o realizar operaciones que integren en un mismo proceso todos los componentes de la información espacial. Nuestro modelo engloba y relaciona los siguientes grupos de información:

- *Información Alfanumérica.* Se ha obtenido mediante un exhaustivo trabajo de campo por el grupo de trabajo en todos los términos municipales de la provincia (103 municipios). Se ha creado una extensa base de datos convenientemente indexada que engloba toda la información socio-económica y agraria asociada a los distintos niveles temáticos, utilizando el municipio como unidad de correlación básica.
- *Cartografía Digital.* Digitalización del mapa topográfico de Andalucía, a escala 1:10.000. Los elementos digitalizados se han descompuesto en entidades lineales con información adicional de especificación espacial.

- **Imágenes de Satélite.** Clasificación de imágenes LANDSAT TM (Thematic Mapper), con una resolución espacial de 30x30m. para todas las bandas excepto para la térmica (banda 6) con una resolución de 120x120m.
- **Información de imágenes fotográficas.** Complemento a los elementos espaciales incluidos en el sistema.

En la siguiente ilustración, se muestra el modelo de datos georrelacional aplicado.

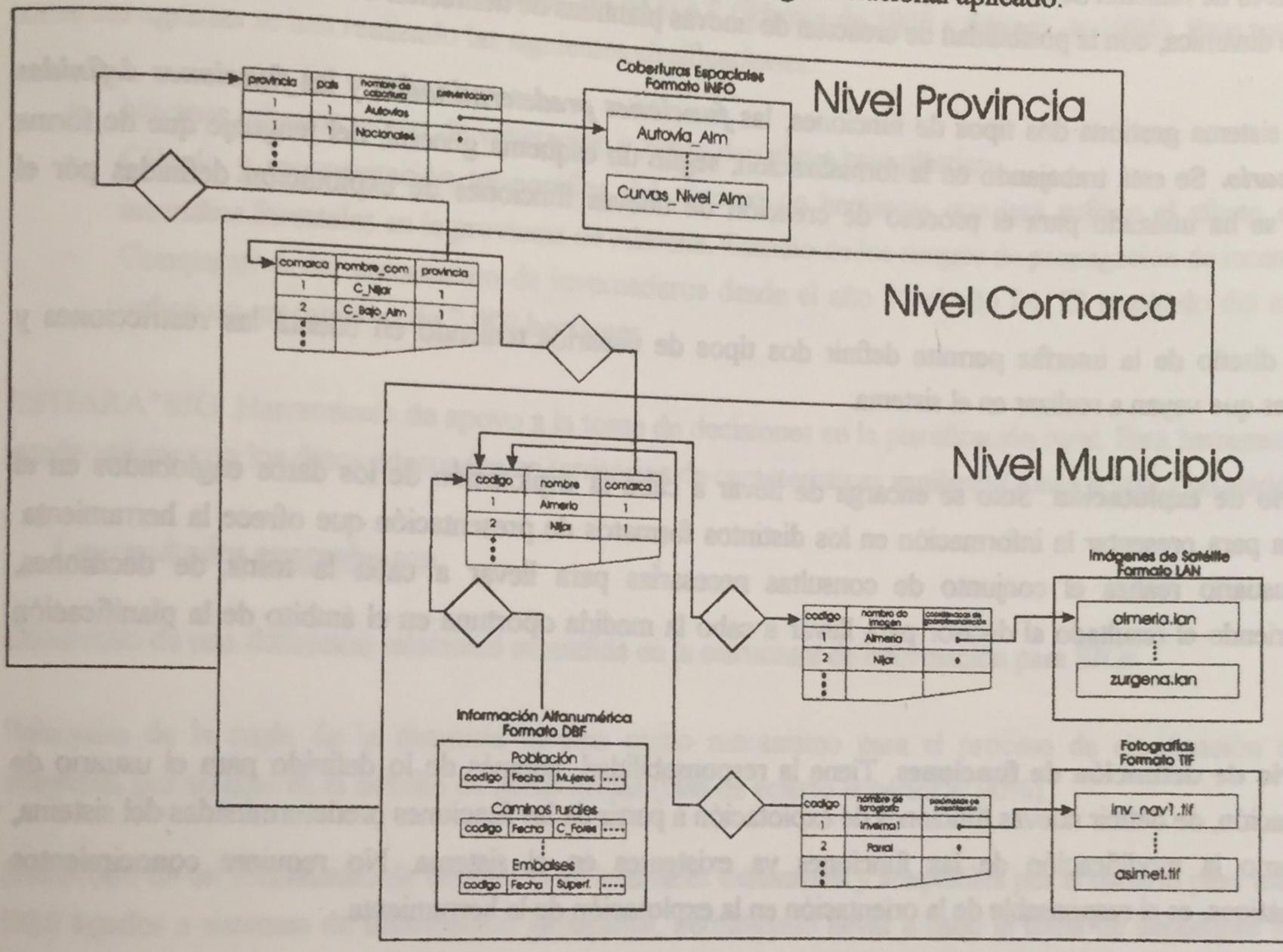


Figura 3. Modelo de datos georrelacional

Toda la información espacial se representa como un conjunto de variables temáticas, que cuando se introducen en nuestro sistema de apoyo a la toma de decisiones, se convierten en *capas temáticas*, representando una tipología específica de elementos pertenecientes al mundo real.

En la siguiente ilustración se muestran los niveles temáticos más importantes que se engloban dentro del sistema:

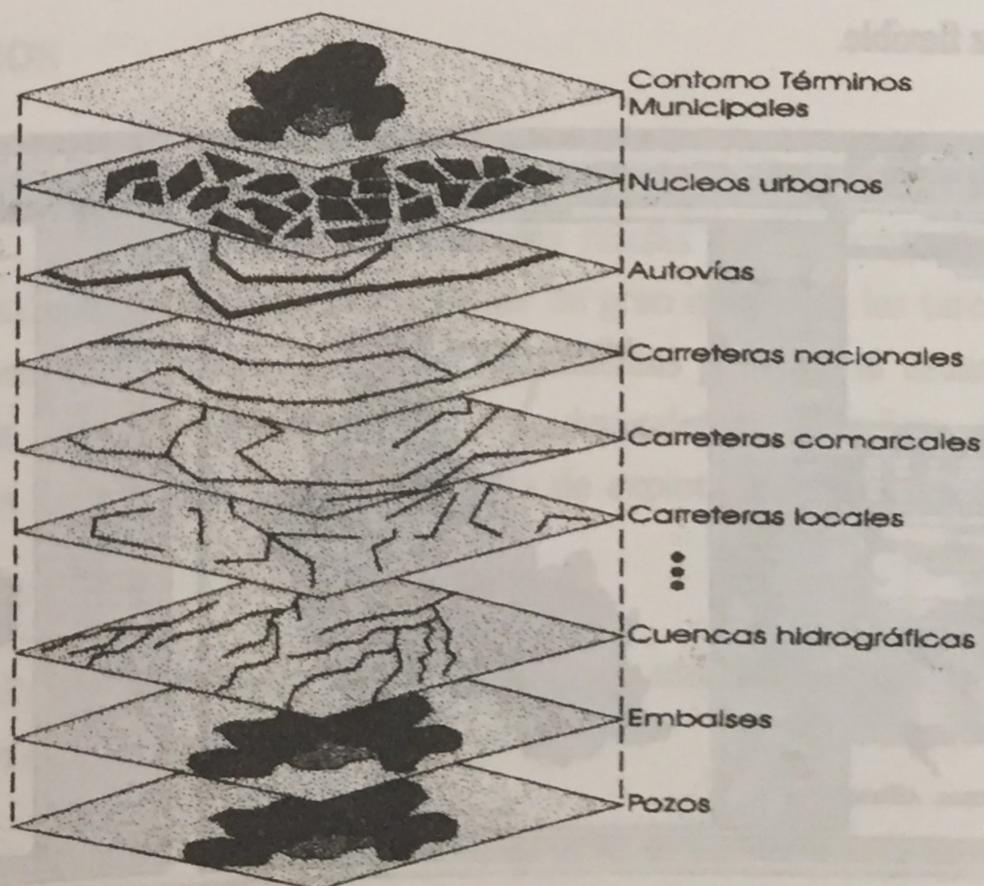


Figura 4. Capas temáticas en ESTIARA*SIG

2.4. Interfaz de usuario

Hemos desarrollado una interfaz de usuario flexible y adaptable al usuario, que permite crear nuevas funciones de explotación de los resultados de forma automática a partir de un conjunto de funciones predeterminadas. Esta interfaz se ha desarrollado utilizando técnicas clásicas de definición de plantillas y modificadores de relación de funciones predeterminadas. Estas técnicas permiten la creación de una herramienta totalmente dinámica, con la posibilidad de creación de nuevas plantillas de definición de funciones.

El sistema gestiona dos tipos de funciones, las *funciones predeterminadas* y las *funciones definidas por el usuario*. Se está trabajando en la formalización, según un esquema general, del lenguaje que de forma específica se ha utilizado para el proceso de creación de nuevas funciones de explotación definidas por el usuario.

El diseño de la interfaz permite definir dos tipos de usuarios teniendo en cuenta las restricciones y operaciones que vayan a realizar en el sistema:

- **Usuario de explotación.** Solo se encarga de llevar a cabo la explotación de los datos englobados en el sistema para presentar la información en los distintos formatos de presentación que ofrece la herramienta. Este usuario realiza el conjunto de consultas necesarias para llevar a cabo la toma de decisiones, transfiriendo el resultado al decisor para llevar a cabo la medida oportuna en el ámbito de la planificación rural.
- **Usuario de definición de funciones.** Tiene la responsabilidad, además de lo definido para el usuario de explotación, de definir nuevas funciones de explotación a partir de las funciones predeterminadas del sistema, así como la modificación de las funciones ya existentes en el sistema. No requiere conocimientos informáticos, es el responsable de la orientación en la explotación de la herramienta.

La siguiente ilustración muestra un ejemplo de representación de la información utilizando nuestra interfaz flexible.

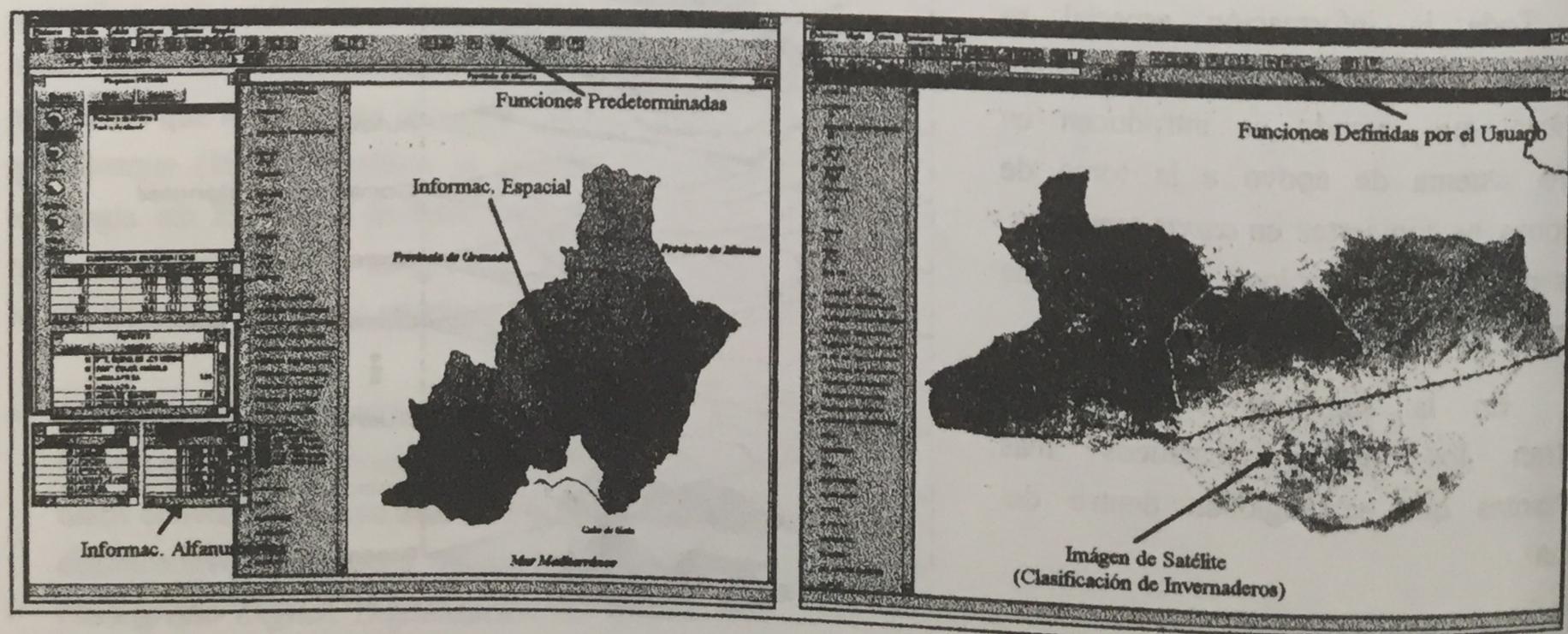


Figura 5. Ejemplos de la interfaz de ESTIARA*SIG

3. RESULTADOS

Los resultados **aplicados** más importantes se engloban en tres categorías principales:

- a- Cartografía digital. Resultante del proceso de digitalización. Formato DXF.
- b- Resultados del tratamiento de las imágenes LANDSAT (febrero de 1985 y febrero de 1994). Para todas las comarcas agrarias se han realizado las siguientes clasificaciones:
 - Núcleos urbanos, zonas de vegetación y zonas de cultivo bajo plástico.
 - Cálculo y representación topográfica del número de hectáreas que han sufrido el efecto de los incendios forestales en la provincia de Almería. Estudio de los riesgos de propagación de incendios.
 - Comparativa del crecimiento de invernaderos desde el año 85 al año 94. El resultado del análisis indicó un crecimiento de 7.000 hectáreas.
- c- ESTIARA*SIG. Herramienta de apoyo a la toma de decisiones en la planificación rural. Esta herramienta se puede utilizar con los datos adecuados en territorios de características similares (zonas áridas y semiáridas).

Los resultados **generales** son:

- a- Desarrollo de una definición relacional extendida en la estructura de información para SIGs.
- b- Selección de la regla de la distancia mínima como mecanismo para el proceso de clasificación de las imágenes por satélite en el estudio de zonas áridas (tasa de acierto superior al 90%).
- c- Desarrollo de un formalismo de definición de interfaces extensibles y adaptables por el usuario para sistemas DSS ligados a sistemas de información geográfica, permitiendo llevar a cabo la toma de decisiones de una forma rápida y flexible.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

ESTIARA*SIG se ha desarrollado para ayudar a la toma de decisiones dentro del ámbito de la planificación rural de la provincia de Almería. La utilización de herramientas mixtas para incorporar y correlacionar información geográfica y socio-económica actualizada puede ser de gran interés en las tareas de planificación y apoyo a la toma de decisiones. Es importante que estas herramientas permitan al usuario configurar los informes y consultas de forma rápida y autónoma, sin una dependencia inmediata del suministrador de la información; para ello hemos implementado una herramienta de explotación que presenta una interfaz de usuario simple y flexible.

Esta herramienta, junto con todos los resultados del proyecto ESTIARA, se están utilizando actualmente en la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (España).

Actualmente, el sistema está evolucionando en tres líneas diferentes:

1. Distribución de la información geográfica entre las distintas comarcas, mediante un entorno cliente-servidor, utilizando el sistema SDE (Spatial Database Engine) que permite el acceso concurrente a dicha información.
2. Estudio de la incorporación de modelos de simulación al sistema. Los modelos objeto de estudio actualmente son:
 - Simulación de avenidas ante lluvias torrenciales.
 - Calificación y cuantificación espacial de zonas de riesgos (p.e. propagación de incendios).
 - Control de recursos hidrológicos (localización geográfica de pozos y fuentes).
3. Estudio del desarrollo de un modelo de datos orientado a objetos para mejorar la explotación en la gestión de la información. Podemos pensar en un sistema que complemente los dos modelos de datos; la creación de la cartografía y la organización topológica se resolvería con un modelo convencional y los procesos de consulta y análisis de la información con un modelo de datos orientado a objetos.

5. REFERENCIAS

- (1) Anselin, L. y Getis, A. *Spatial statistical analysis and geographic information system*. Geographic information system, spatial modelling and policy evaluation, Springer, Berlin, 1993.
- (2) Ayala R., et al. *ESTIARA*SIG: Un SIG de apoyo a la toma de decisiones en planificación rural*. Mapping N° 34, 90-95, 1996.
- (3) Bailey, T. *GIS and system for visual, interactive, spatial analysis*. Cartog. J., N° 27, 79-84, 1990.
- (4) Barredo, J. *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Ed. Ra-Ma, 1996.
- (5) Bosque, J. *Sistemas de Información Geográfica*. Ed. Rialp, 1992.
- (6) Goodchild, Haining, R., Wise, R. *Integrating GIS and spatial data analysis: problems y possibilities*. International Journal of Geographical Information Systems, vol. 6, num. 5, 407-423, 1992.
- (7) Laurini, R. *Fundamentals of Spatial Information Systems*. Ed. Academic Press, 1992.
- (8) Magnusson B. and Söderström M. *Combining crop growth models and geographical information system for agricultural management*. Acta Agric. Scand. Sect. B. Soil, 65-77, 1994.
- (9) Moldes, F. *Tecnología de los sistemas de información geográfica*. Ed. Ra-Ma, 1995.

ACTAS
X Simposio Internacional en
Aplicaciones de Informática

PROCEEDINGS
X International Symposium
in Informatics Applications

Antofagasta, Chile
27 de Octubre al 31 de Octubre, 1997
October 27 to October 31, 1997

ACTAS
X Simposio Internacional en
Aplicaciones de Informática

PROCEEDINGS
X International Symposium
in Informatics Applications

Comité Editorial / Editorial Committee:

Carlos Pon Soto, Universidad Católica del Norte (Presidente)

Copias Adicionales / Additional Copies:

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad Católica del Norte
Casilla 1280, Antofagasta, Chile

Teléfono : (56 - 55) 241148 Anexo 201

Fax : (56 - 55) 248476

E_mail : infonor@socompa.cecun.ucn.cl

Internet : <http://www.ucn.cl/infonor>



INFONOR'97

27 al 31 de Octubre de 1997

**X SIMPOSIO
INTERNACIONAL
EN APLICACIONES
DE INFORMATICA**

