

La integración de imágenes de satélite en el seguimiento de los recursos hídricos en un contexto mediterráneo. El proyecto HYDRE.

J. Moreira Madueño

Servicio de Evaluación de Recursos Naturales
Agencia de Medio Ambiente. Junta de Andalucía

RESUMEN

El proyecto Hydre se lleva a cabo a través de los auspicios de la Conferencia de Regiones Periféricas Marítimas de la C.E. (C.R.P.M.) en las regiones de Andalucía, Languedoc, Cerdeña y Sicilia, bajo la coordinación técnica del Instituto para las Aplicaciones de la Teledetección del Centro Común de Investigaciones de la C.E., su objetivo prioritario es la creación de un centro de seguimiento de los recursos hídricos en las regiones mediterráneas. Implica desarrollos metodológicos para integrar imágenes NOAA y Landsat-TM en el análisis de dichos recursos y de su incidencia sobre las coberturas vegetales naturales o cultivadas.

ABSTRACT

The Hydre project, promoted by the Conference of Peripheral-Maritime Regions of the E.C., involves four European regions (Andalusia, Languedoc, Cerdeña and Sicily), being in charge of its technical coordination the E.C. Remote Sensing Applications Institute of the Joint Research Centre.

This project aims at establishing a permanent centre for Hydrological Resources Monitoring along the Mediterranean regions. Its development implies approaches to integrate NOAA and Landsat-TM images for the analysis of those resources and their influence on natural vegetation and crops.

Contexto general y objetivos

La actividad y el desarrollo económico de las regiones periféricas del Mediterráneo son muy sensibles a los recursos hídricos y a sus fluctuaciones, tanto naturales como influenciadas por el hombre. Las lluvias, principal fuente renovable del agua para estas regiones, se concentran en el período invernal, cuando la necesidad de agua para la vegetación y para una parte de las actividades humanas, se encuentra relativamente satisfecha. El verano, en cambio, está caracterizado por temperaturas a menudo elevadas, por elevada evaporación y escasa lluvia. De esto resulta una relación lluvia/necesidad de agua muy desequilibrada durante este período del año, en el

que las necesidades para la vegetación natural, agricultura, industria turística y vida cotidiana son las más altas.

Se vuelve prioritario, pues, que los recursos naturales hídricos sean vigilados y controlados, a fin de garantizar la mejor utilización y su disponibilidad en el futuro.

No obstante, a menudo faltan los servicios técnicos especializados y los sistemas para un seguimiento adecuado de los recursos y riesgos ocasionados por el agua, así como para el establecimiento de alarmas en caso de situaciones de peligro, como riesgos particulares de erosión o de falta de agua, careciéndose de verdaderos indicadores ambientales que permitan una planificación adecuada de los recursos hídricos regionales.

Los problemas enunciados no son nuevos, pero han aparecido nuevos instrumentos y modelos de análisis para afrontar de manera más racional y programada fenómenos que son aleatorios por naturaleza. La utilización e integración de datos de satélite, de modelos agrometeorológicos, unidos a sistemas de información geográfica (S.I.G.), con capacidad de análisis espacial de información producida en tiempo real, son los planteamientos que introduce el proyecto Hydre.

Los principales objetivos generales de este proyecto implican a las regiones constituyentes de la C.R.P.M. en su deseo de asumir una política coherente y respaldada por un conocimiento homogéneo sobre los problemas del agua en la vertiente mediterránea. El proyecto dará lugar a la implantación de un centro de seguimiento operacional, y en tiempo real, de los recursos hídricos mediterráneos.

Los objetivos a nivel de Andalucía, dada la existencia en esta región de un S.I.G. (SinambA), que integra la Teledetección espacial, tienden a la adaptación de los modelos generales diseñados a nivel europeo en el mismo y a su implantación a un mayor nivel de escala territorial.

Material y métodos

Los recursos hídricos disponibles en su cualidad y cantidad dependen de un gran número de factores y de interacciones que existen entre ellos: las condiciones climáticas (sobre todo la pluviometría y la demanda por evapotranspiración del aire y de la vegetación), las condiciones edáficas, la morfología del terreno, la ocupación de los suelos (y la actividad humana), la red hidrográfica, etc...

Todos estos factores están caracterizados por una gran variabilidad en el espacio, en el curso de un año y de un año a otro. Esta variabilidad es la que impone el enfo-

que que habrá que asumir para el desarrollo de sistemas de seguimiento de los recursos hídricos, tanto este seguimiento sea utilizado en tiempo real (alarma, análisis de las condiciones de un año en curso), o como ayuda para tomar decisiones dentro del campo de la gestión de los recursos. De hecho, el enfoque tendría que satisfacer conjuntamente tres necesidades impuestas por el carácter de los factores que determinan los recursos de agua y que se pueden resumir en estos tres conceptos: el análisis e integración espacial de los factores que determinan los recursos, la modelización para considerar variaciones temporales y la rapidez para la adquisición de datos que puedan tener efectos inmediatos en los recursos disponibles.

El proyecto Hydre se realiza, pues, utilizando conceptos y métodos definidos en los Sistemas de Información Geográfica.

a) La información

La información georreferenciada que se utiliza en el proyecto puede ser subdividida en dos tipologías en función de su dinámica temporal. Un primer tipo de informaciones lo constituyen los mapas de suelos, los mapas de relieve (modelos numéricos del terreno), los mapas de uso de los suelos y coberturas vegetales, los mapas hidrográficos, los mapas pluviométricos, etc. Su combinación e integración espacial razonadas permiten un gran número de aplicaciones. Estas informaciones pueden ser calificadas de fijas o estables en el tiempo.

A un segundo grupo de informaciones pertenecen los datos meteorológicos e hidrológicos observados en el terreno, las condiciones energéticas e hídricas de la vegetación observadas desde el espacio y la actividad humana que determinará, por ejemplo, las fechas de siembra de los cultivos. Esta información es, en esencia, dinámica, ya que presenta ritmos de cambio muy acentuados.

Combinados, en un S.I.G., con las informaciones del primer tipo, se podrán derivar resultados preciosos para un año en curso en comparación con situaciones promedio. En este sentido, para el proyecto a nivel europeo, se constituye un S.I.G. que gestiona todo el conjunto de informaciones mencionado. En Andalucía, Hydre se incluye como un subsistema del Sistema de información ambiental SinambA.

En el proyecto Hydre la información dinámica es esencial ya que es la que permite efectuar el seguimiento coyuntural de los recursos y verificar posibles estados de alerta. Es por ello que hay dos conjuntos de datos de trascendental importancia a utilizar en este proyecto. De una parte, la información meteorológica precisa para el seguimiento de los recursos hídricos. De otra, los datos derivados de sensores remotos de alta y baja resolución que facilitan el conocimiento del estado actual, bien de la vegetación, bien de parámetros meteorológicos distribuidos en el espacio.

Por lo que se refiere al primer tipo de datos, los meteorológicos, Hydre plantea su uso a dos niveles. Uno genera una base de datos histórica con un número de estaciones amplio. Es la base de datos de referencia. Otro utiliza una red de estaciones funcionando en tiempo real que, conectada a través de concentradores al centro de seguimiento, permite el análisis de un momento dado, su acumulación decenal o mensual y su comparación con la base de datos histórica.

Al segundo tipo de datos dinámicos pertenecen los generados por satélites como NOAA y METEOSAT. Los satélites de baja resolución espacial ofrecen una alta resolución temporal en el seguimiento de determinados problemas y es esta peculiaridad la que da utilidad a los datos de METEOSAT y NOAA en el cálculo de parámetros esenciales en el seguimiento de los recursos hídricos y de su incidencia sobre la vegetación, como la temperatura de superficie, la evapotranspiración real, e indicadores del "stress" de la vegetación, como el índice normalizado de vegetación (Sharma, M. et al., 1991a). La alta resolución temporal de NOAA, permite llevar a cabo un análisis de estos parámetros en conjunción con otras variables espaciales de mayor resolución.

Los sensores de alta resolución, como Landsat y SPOT, son empleados en el contexto del proyecto para generar información que denominaremos de índole dinámica estable. En este sentido, se utilizan para proceder a la actualización, cada 4 años, de los usos y coberturas vegetales existentes sobre una región. Sobre el conjunto de informaciones fijas, estables o dinámicas, utilizadas en Hydre, actúan una serie de modelos que van a permitir realizar, a nivel alfanumérico y cartográfico, un balance de riesgos y necesidades hídricas.

b) Los modelos

En el marco del proyecto Hydre se utilizan varios tipos de modelos, de los que sólo mencionaremos los más importantes:

D) Modelos para la espacialización de la información meteorológica:

La información meteorológica, fundamental en el análisis de la evaluación de los recursos y de su disponibilidad en un momento dado, en relación con situaciones promedio, precisa ser convertida en una variable espacializada, al mismo nivel que otras variables sobre las que interactúa en el seno del S.I.G. Este proceso se lleva a cabo mediante un modelo de interpolación de datos que permite que, a partir de los datos puntuales de estaciones, esta información sea asignada al conjunto del espacio.

La interpolación espacial se desarrolla de modo diferenciado para la precipitación y el resto de variables climáticas utilizadas y en ella se contemplan gradientes altitudinales y barreras topográficas.

II) Los modelos Agrometeorológicos se emplean para la valoración de la evapotranspiración potencial (E.T.P.) y para la simulación del crecimiento de las plantas:

Para la evaluación de la E.T.P., se utiliza el enfoque de Penman, validado para la totalidad de Europa en el marco del proyecto piloto de Teledetección Aplicada a las Estadísticas Agrarias (Meyer-Roux, J., 1989).

Para la simulación del crecimiento de las plantas se utiliza el método "Agrometeorological Season Monitoring" (Van Diepen, C.A., 1991). Este método se basa en la simulación del crecimiento de las plantas, a través de dos tipos de modelos en función de la complejidad y la precisión con que se realizan las simulaciones:

- Modelos simples, utilizados para cultivos como vid, algodón, olivo y cítricos, que funcionan a partir de un cálculo de balance hídrico y que comparan las necesidades de agua teóricas de los cultivos con el agua disponible en el suelo. En estos modelos la entrada de información se limita a datos meteorológicos diarios, en tiempo real o ligeramente diferidos, relativos a temperatura, humedad, insolación, velocidad del viento y precipitación. También requieren información edáfica, con cálculo de la reserva de agua útil del suelo, fenología de los cultivos, y coeficientes de cultivo, para el cálculo de la evapotranspiración potencial de las diversas fases del cultivo. Finalmente, índices de sequía o "stress" hídrico susceptibles de afectar a los cultivos.
- Modelos complejos. Son modelos deterministas, mucho más precisos y rigurosos que los anteriores. Estos han sido desarrollados y validados a nivel europeo para los siguientes cultivos: trigo, cebada, avena, maíz, arroz, patata, remolacha, soja, colza y girasol. Funcionan con un modelo combinado de balance energético y balance hídrico, de forma que no sólo consideren el aprovisionamiento de agua por la planta, sino también la interceptación de la luz por ésta, la asimilación del CO₂ el "stress" térmico, etc. Una veintena de variables específicas son requeridas por estos modelos que, asignadas en cada región, permiten hacer, a partir de datos meteorológicos diarios, un seguimiento continuado de las condiciones de desarrollo de estos cultivos.

III) Los modelos de erosión de suelos:

La erosión de suelos constituye uno de los problemas ambientales más graves que se ciernen sobre las regiones mediterráneas. No obstante, este problema es conocido de forma parcial y con metodologías muy diferentes aplicadas a nivel de detalle en cada una de las regiones del entorno Mediterráneo. A este respecto, la D.G.XI de la C.E. emprendió, con su programa CORINE, una metodología de evaluación de riesgos de erosión, cuyos resultados han sido recientemente publicados (Giordano, A., 1992), y dan idea, en primera aproximación, de la gravedad del problema en estas regiones. La mencionada metodología es de tipo cualitativo y no resulta de utilidad práctica para la evaluación del problema a nivel de región. En este sentido, el desarrollo del proyecto Hydre y la construcción de una

red de regiones, para el seguimiento de los recursos hídricos, permitirá emplear una metodología que integre resultados procedentes de datos meteorológicos, recibidos en tiempo real, para calcular la energía e intensidad de la lluvia, junto con el manejo de datos en un S.I.G., referidos al suelo y la pendiente, así como otros procedentes de imágenes de satélite, para actualizar los usos y coberturas del suelo en la región, que podrán permitir utilizar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE), para realizar, continuamente, el cálculo de pérdidas de suelos y ver su relación con las pérdidas promedio asignadas a las unidades-tierra analizadas. Con este sencillo modelo sólo se pretende disponer de un indicador ambiental que, obtenido con una metodología común, permita comparar cuantitativamente los procesos que se desencadenan por la actuación de los recursos hídricos. Mediante la combinación de los factores mencionados será posible efectuar el cálculo, en Tm/ha, de pérdidas de suelo para las regiones y conocer su distribución espacial para un mes determinado. El cálculo de pérdidas espacializado para un año y su relación con el dato promedio para una serie de años o para un año de referencia, permitirá obtener un indicador ambiental de extraordinario interés en la gestión de las autoridades regionales.

IV) Los modelos de teledetección:

Tanto la información, como los modelos utilizados en aspectos relacionados con la teledetección en el proyecto Hydre, son fundamentales. Por una parte, porque permiten obtener parámetros distribuidos en el tiempo y el espacio, que de otra forma sería muy problemático obtener. Por otra, porque suponen informaciones que, correlacionadas con las generadas en tiempo real, permiten validar espacialmente los comportamientos reflejados en la vegetación por los modelos agrometeorológicos.

Como se mencionó en el apartado destinado a la información, se utilizan imágenes de satélites de baja resolución espacial (NOAA), pero alta resolución temporal (6 horas), junto a imágenes de alta resolución espacial (Landsat-TM) para actualización de usos y coberturas vegetales cada cuatro años.

En el primer caso, los modelos de teledetección que se utilizan son modelos ya clásicos para el cálculo del índice de vegetación (NDVI), la temperatura de superficie y la evaluación de la evapotranspiración real (E.T.R.). La finalidad de estos modelos es obtener, para períodos decenales, información actualizada sobre el estado de desarrollo de la vegetación, permitiendo controlar y cartografiar problemas de sequía o heladas a la resolución del sensor AVHRR.

Para lograr esta finalidad es necesario realizar una cadena de tratamientos sobre las imágenes NOAA que permita llevar a una comparación espacial, espectral y temporal el comportamiento de estos parámetros. Dicho objetivo es cubierto por el "software" SPACE (Sharman, M. et al., 1991b) a nivel del conjunto de regiones de Europa.

La cadena de tratamientos cubierta por SPACE implica: calibración de datos; corrección atmosférica; corrección geométrica inicial, mediante el uso de parámetros orbitales (elementos Brower para los TBUS) para referenciar las imágenes al elipsoide local Europeo; detección y enmascaramiento de nubes, empleando el algoritmo APOLLO desarrollado por la British Meteorological Office; restitución de la imagen, posicionándola con relación a una base cartográfica; corrección geométrica final utilizando un modelo polinomial.

Esta cadena de tratamientos es absolutamente automática y no requiere intervención del usuario, salvo para la carga de imágenes. A partir de dichos tratamientos se calculan parámetros como el NDVI, la temperatura y la E.T.R., pudiéndose comparar zonas y valores en el tiempo y el espacio.

No obstante, el desarrollo de Hydre en Andalucía implica la adaptación de dicha cadena de tratamientos en su Sistema de información. Este proceso se encuentra en avanzado proceso, habiéndose cubierto las fases de calibración, corrección atmosférica y correcciones geométricas, que permiten producir, hoy en día, imágenes NOAA comparables, tratadas por el "software" AMATEL (Lobato, A. y Moreira, J.M., 1993), de desarrollo propio de la Agencia de Medio Ambiente de Andalucía.

Por lo que se refiere a los modelos de teledetección empleados sobre imágenes en alta resolución, se ha desarrollado toda una cadena de procedimientos (en este caso sólo en Andalucía como región piloto), que permite la actualización de usos y coberturas vegetales, cada cuatro años, manteniendo la comparabilidad con mapas preexistentes, como el mapa de ocupación del suelo de España (Agencia de Medio Ambiente, 1993). Esta cadena de tratamientos incluye una revisión de leyenda de usos y coberturas vegetales, introduciendo aspectos básicos de la incidencia de la vegetación sobre la protección del suelo, e implica la corrección geométrica de imágenes Landsat, la producción de imágenes de alta calidad para el proceso de interpretación, verificación en campo y digitalización.

A partir de estos mapas de coberturas vegetales se derivan datos de la capacidad protectora por la vegetación del suelo, de la distribución espacial de alternativas de cultivos por zonas, de la emisividad de los diferentes tipos de coberturas en diferentes fechas, según los ciclos de los cultivos, y de su combustibilidad.

El cambio de resolución espacial de imágenes Landsat a imágenes NOAA, mediante algoritmos de interpolación, permite combinar ambos tipos de información, de manera que es factible conocer qué zonas son cultivadas con determinadas alternativas en un año y cuál es el NDVI que en un momento concreto se está produciendo. Las informaciones que se extraen así de los modelos de teledetección entran a formar

parte, a su vez, de los modelos agrometeorológicos, de los de pérdidas de suelo o de riesgos.

Resultados

El objetivo último del proyecto Hydre se cifra en crear un centro de seguimiento de los recursos hídricos mediterráneos, capaz de generar, en tiempo real, informaciones de situación coyuntural y estructural de los mismos. Para ello es preciso dotar de contenido informativo el S.I.G. que modelizará los datos sobre las regiones. En una primera fase, ésta ha sido la tarea de las regiones piloto, proceder al levantamiento de información de base del S.I.G. y estructurar todos los datos requeridos por los modelos que utiliza Hydre. Al mismo tiempo, se han desarrollado métodos de puesta al día de determinadas informaciones dinámicas (como es el caso de los usos y coberturas vegetales en Andalucía), que serán utilizados conjuntamente por las regiones implicadas.

Por su parte, el Instituto para las Aplicaciones de la Teledetección, desarrolla adaptaciones de los modelos agrometeorológicos mencionados, para su utilización con información más detallada en las regiones piloto. A su vez, la Agencia de Medio Ambiente trabaja en la integración de estos modelos generales en su S.I.G. Sinamba, desarrollando, especialmente, aquellos aspectos relacionados con la erosión de los suelos y la integración de las imágenes de satélite de alta y baja resolución en el proyecto.

Como consecuencia de la utilización de las informaciones y modelos mencionados más arriba, se han comenzado a obtener los primeros resultados, que ofrecen ya una serie de indicadores medioambientales para el seguimiento de los recursos hídricos en zona mediterránea. Desde febrero de 1993, se edita un "boletín mensual Hydre" que, a nivel del sur de Europa, ofrece datos meteorológicos y agronómicos relativos a una docena de parámetros (temperatura, precipitación, E.T.P., balance hídrico, peso de materia seca...) espacializados en cuadrículas de 50x50 km. (véase gráfico 1), tanto en su situación actual, como acumulada desde el comienzo del año agrometeorológico (octubre), así como un análisis comparado con una secuencia histórica. Esta información ha sido enriquecida, a partir del mes de agosto de 1993, con la aparición de un capítulo desglosado, para cada región implicada, en el que la espacialización de los datos agrometeorológicos aparece a nivel de una cuadrícula de 25x25 km. (véase gráfico 2).

Por otra parte, en el caso de Andalucía, se encuentra en avanzado estado de desarrollo la actualización de usos y coberturas vegetales de la región para 1992 (más de un 60% de la región), que permitirá la comparación espacializada con los usos y co-

La integración de imágenes de satélite en el seguimiento de los recursos hídricos en un contexto mediterráneo

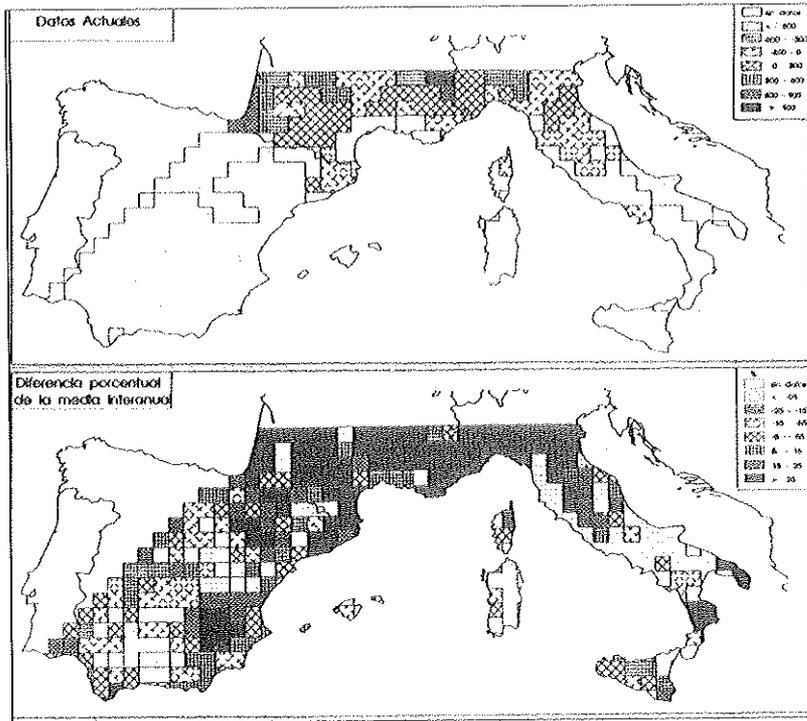


GRÁFICO 1

Ejemplo de resultados, a nivel europeo, para la variable balance hídrico.
a) Datos actuales b) Comparación con serie histórica

berturas del suelo existentes en 1987, (última fecha para la que existen datos), y que será el punto de partida, por ejemplo, para la asignación de valores de combustibilidad y de capacidad protectora frente a la erosión a la vegetación.

Igualmente, en Andalucía se ha procedido a adaptar algunas de las funciones del "software SPACE" en su sistema de información, de modo que desde el Sinamba se han comenzado a producir imágenes NOAA, calibradas y corregidas geoméricamente. Estas imágenes permiten llevar a cabo ya un seguimiento continuado de parámetros como el NDVI (véanse imágenes 1 y 2) y relacionar su situación actual con la de un año tomado como referencia histórica (véanse gráficos 3 y 5). Al mismo tiempo, es posible relacionar la información generada a partir de las imágenes NOAA, con la existente en el S.I.G. para usos y coberturas vegetales (véanse gráficos 4 y 6), con lo que, cualquier área, puede ser interpretada en su comportamiento mediante el análisis de informaciones básicas residentes en el S.I.G. que soporta a Hyde.

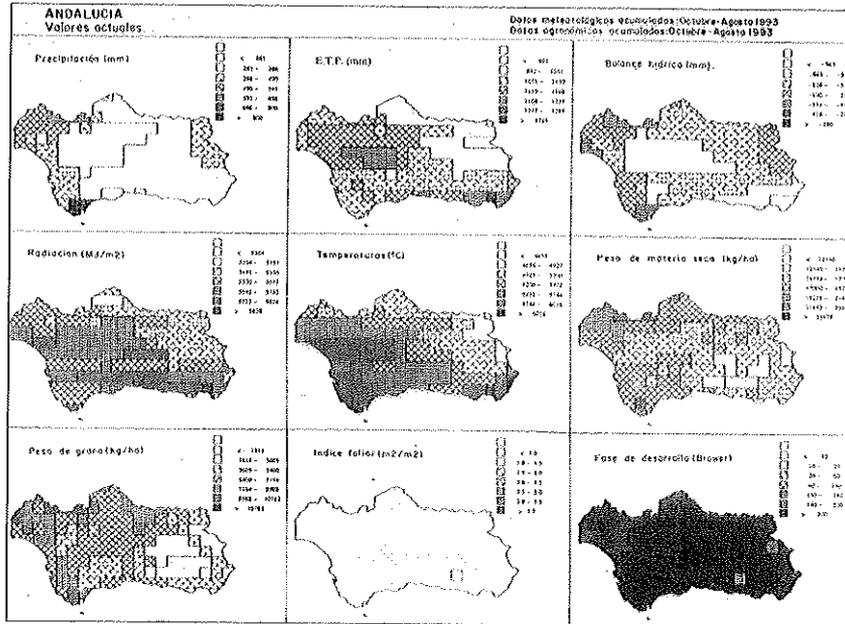


GRÁFICO 2

Ejemplo de resultados, a nivel de Andalucía, de una serie de indicaciones ambientales sobre el estado actual de variables agrometeorológicas

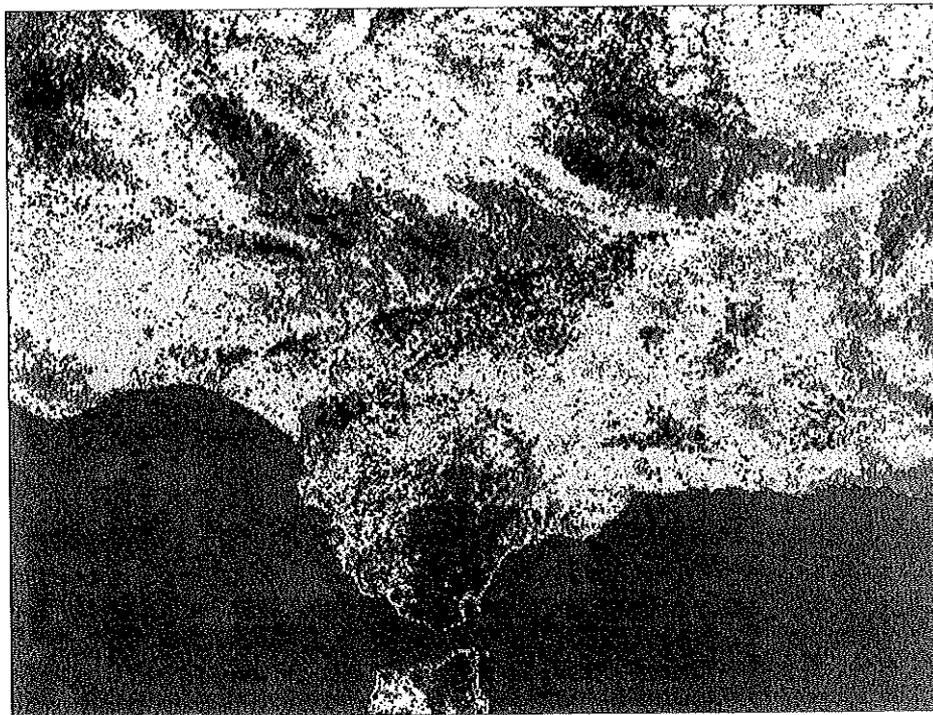
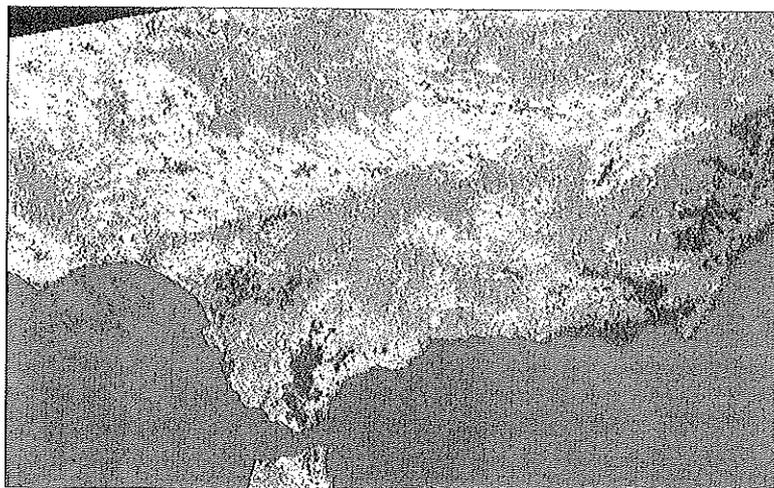


IMAGEN 1

Clasificación de niveles de actividades clorofílicas de la vegetación en Andalucía.
Imagen de satélite NOAA-AVHRR de fecha 2 de junio de 1993. (Véase leyenda). (A. 34)

Conclusiones

El desarrollo del proyecto Hydre está demostrando la extraordinaria utilidad que ofrece la integración de datos espaciales vectoriales, procedentes de la tecnología S.I.G., y de datos raster, procedentes de imágenes de satélite, de cara a un análisis operacional de tipo estructural y coyuntural de los recursos hídricos mediterráneos. Asimismo, las diferentes tipologías de resultados que ya se obtienen a partir del desarrollo parcial del proyecto en Andalucía, muestran la enorme potencialidad de las informaciones y modelos utilizados, para generar indicadores ambientales, al mismo tiempo, para el conjunto de regiones implicadas y para zonas muy específicas, que facilitarán un conocimiento común y una toma de decisiones coherente con el estado real de los recursos hídricos.



LEYENDA					
Clases	Equivalencias	Clases	Equivalencias	Clases	Equivalencias
[Pattern]	Agua	[Pattern]	Muy bajo	[Pattern]	Moderada - media
[Pattern]	Nula actividad	[Pattern]	Bajo	[Pattern]	Elvada-alta
[Pattern]	Mínima	[Pattern]	Moderada	[Pattern]	Máxima

IMAGEN 2

Clasificación de niveles de actividades clorofílicas de la vegetación en Andalucía. Imagen de satélite NOAA-AVHRR de fecha 15 de agosto de 1993. (Véase leyenda). (A. 35)

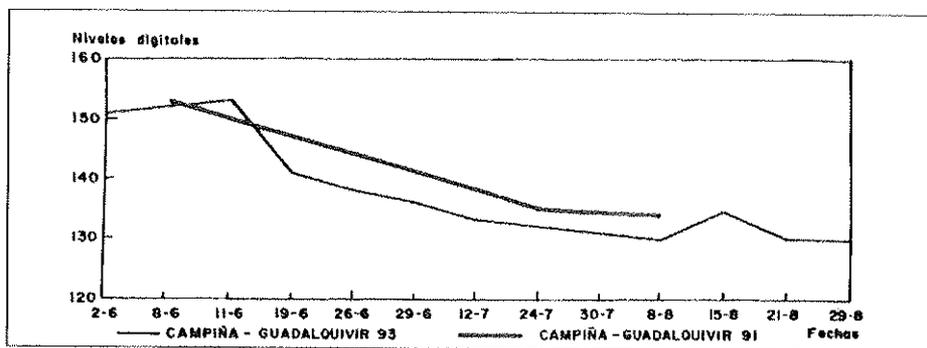


GRAFICO 3

Comparación de la evolución del valor del índice de vegetación, en imágenes NOAA, entre un año de referencia (1991) y el año en curso (1993), para una zona de campiña con cultivos de secano

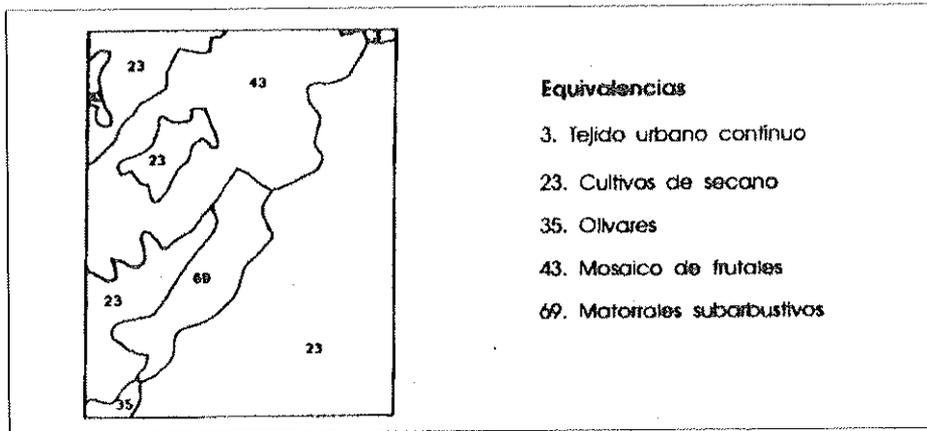


GRAFICO 4

Distribución de usos y coberturas vegetales en la zona de campiña a la que se refiere el gráfico 3

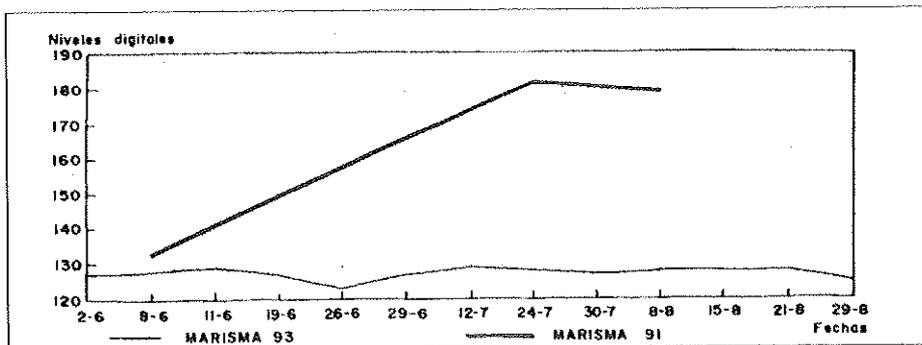


GRAFICO 5

Comparación de la evolución del valor del índice de vegetación, en imágenes NOAA, entre un año de referencia (1991) y el año en curso (1993), para una zona de marisma, normalmente cultivada de arrozal

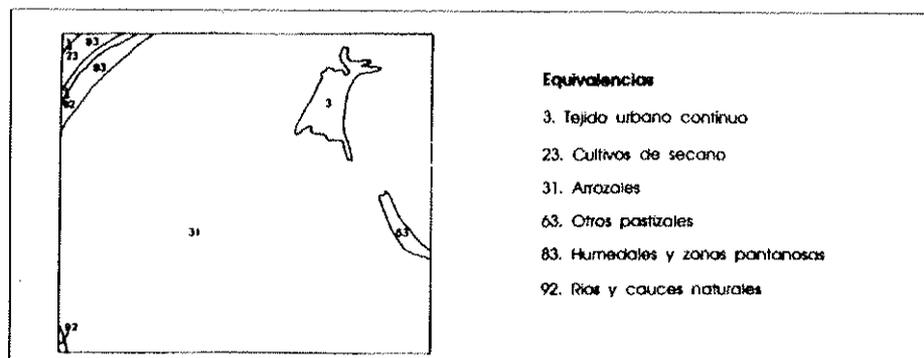


GRAFICO 6
Distribución de usos y coberturas vegetales referidas a la zona de marisma analizada en el gráfico 5

Bibliografía

- Agencia de Medio Ambiente, (1993). *Medio Ambiente en Andalucía. Informe 1992*. Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Giordano, A.: coordinador, (1992). CORINE soil erosion risk and important land resources. Commission of the European Communities. Luxembourg.
- Lobato, A. y Moreira, J.M.: (1993). AMATEL. Un "software" abierto para el tratamiento de información raster en un sistema de información ambiental. *5ª Reunión Científica de la Asociación Española de Teledetección*. Las Palmas 10-12 noviembre.
- Meyer-Roux, J.: (1989). Presentation du Projet Pilote de Télédétection Appliquée aux Statistiques Agricoles. *Conference on the Application of Remote Sensing to Agricultural Statistics*. Institute for Remote Sensing Applications. Varese. Italy 10-11 October.
- Meyer-Roux, J., Vossen, P., King, D.: (1989). Remote Sensing and agrometeorological models for crop yield prediction. *Proceedings of the EC-Workshop Application of Computerized EC Soil Map and Climate Data*. Wageningen, pp. 211-230.
- Sharman, M., Barnes, J., Bierlaire, Ph.: (1991). Automatic extraction from AVHRR of data on vegetation condition for the European Communities. *5th AVHRR Data Users Meeting*. Tromso, Norway 25-28 June.
- Sharman, M., Barnes, J., Bierlaire, Ph. and Le Lerre, A.: (1991b). Software for processing AVHRR data for the European Communities: Algorithms, benchmarks and standards. *5th AVHRR Data Users Meeting*. Tronso, Norway, 25th-28th June.
- Van Diepen, C.A.: (1991). An Agrometeorological model to monitor the crop state on a regional scale in the european community: concept, implementation and first operational outputs. *Conference on the application of Remote Sensing to Agricultural Statistics*. Belgirate, Italy, 26-27 November.