

### **III PROGRAMA DE TRABAJO**

#### **III.1. METODOLOGIA GENERAL**

A nivel general la metodología empleada y el programa de trabajo se han atendido a la propuesta común aceptada por la CRPM y presentada por el IAT para las cuatro regiones.

##### **III.1.1. ENFOQUE METODOLOGICO IMPLANTADO EN ANDALUCIA**

Los recursos hídricos disponibles y 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 enfoque que habrá que seguir para el desarrollo de sistemas de seguimiento de los recursos hídricos, tanto este seguimiento sea utilizado en tiempo real (alarma, seguimientos operacionales 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 tendrá 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:

-análisis, combinación e integración espacial de los caracteres y factores que determinan los recursos de agua.

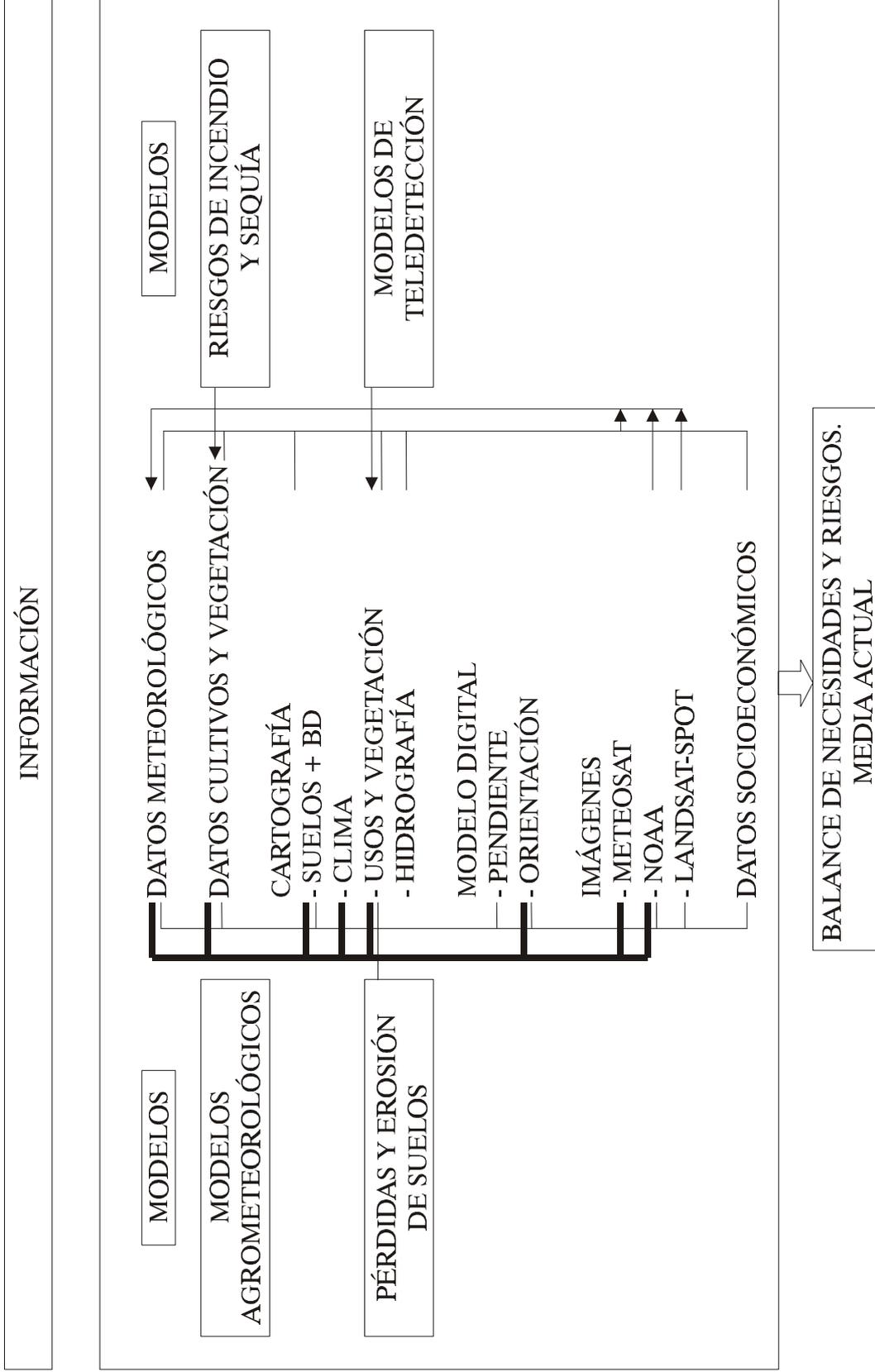
-modelización de los fenómenos que tienen una influencia en la variaciones temporales de las condiciones hídricas.

-rapidez para la adquisición de datos e informaciones que puedan tener efectos inmediatos en los recursos disponibles.

El proyecto se ha realizado, pues, utilizando conceptos y métodos definidos en los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) que no sólo permiten la toma, la gestión y la restitución de las informaciones georreferenciadas disponibles sino que también permiten el análisis, la combinación y la integración espacial de los caracteres del medio ambiente, ya se trate de caracteres estables, como los del suelo, así como también de caracteres dinámicos, como las condiciones climatológicas o las condiciones de la vegetación.

HYDRE

S.I.G.  
Sinamba



FLUJO GENERAL DE LA INFORMACIÓN EN EL PROYECTO HYDRE

Las informaciones georreferenciadas que se utilizan para el proyecto pertenecen a dos tipos bien distintos. Al primer tipo de información pertenecen los mapas de suelos, los mapas de relieve (modelos numéricos del terreno), los mapas de ocupación de los suelos, los mapas hidrográficos, los mapas pluviométricos, etc. Su combinación e integración espacial razonadas permiten un gran número de aplicaciones entre las que se pueden mencionar, como ejemplo, la estratificación de una región en zonas con características comunes y la evaluación espacial de la sensibilidad media a la erosión.

Al 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, los datos de siembra de los cultivos.

Las informaciones que pertenecen al segundo grupo se pueden utilizar tal cuales son, por ejemplo para calcular y cartografiar los totales pluviométricos mensuales o para detectar las zonas donde los suelos aún están desnudos o desprovistos de vegetación activa. Combinados, en el S.I.G., con las informaciones del primer tipo, se derivan resultados preciosos para el año en curso. Se puede poner como ejemplo la evaluación cuantitativa del riesgo actual de erosión en comparación con una situación media.

Por último, los modelos dinámicos permiten una utilización aún más avanzada de las distintas informaciones del S.I.G. En el marco del proyecto se utilizan tres tipos de modelos:

- a) Los Modelos Agrometeorológicos se utilizan para la valoración de la evapotranspiración potencial (E.T.P.) y para la simulación del crecimiento de las plantas:
  - i. Para la evaluación de la E.T.P., se utilizará el enfoque de Penman, validado para la totalidad de Europa en el marco del proyecto piloto de Teledetección Aplicada a las Estadísticas Agrícolas (el proyecto MARS del Centro Común de Investigación). Este modelo será implantado en el SinambA, en el caso de Andalucía, previa su comparación y validación con procedimientos implantados ya en la región.
  - i.i Para la simulación del crecimiento de las plantas se utilizará el método AGROMETEOROLOGICAL SEASON MONITORING (A.S.M.) igualmente desarrollado en el marco del MARS. Este método se basa en la simulación determinista del crecimiento de las plantas y utiliza como datos de entrada, además de un mapa de suelos y las características agronómicas de crecimiento aplicables en una región, los siguientes datos meteorológicos: temperatura máxima y mínima, humedad relativa, pluviometría, velocidad del viento y nubosidad o duración del tiempo de insolación. Para la decodificación, el control de la calidad y el archivo en el tiempo real de estos datos, que provienen de las redes meteorológicas

nacionales, se utiliza el software AMDaC del proyecto MARS.

El método A.S.M. permite calcular las necesidades de agua de las plantas (medias interanuales y valores actuales) y derivar una parte de informaciones e índices básicos, necesarios para el seguimiento de los recursos hídricos, como por ejemplo el equilibrio hídrico, los índices de satisfacción de agua, etc. En el caso de la implantación de estos modelos, agrometeorológicos en Andalucía es preciso considerar lo siguiente:

El uso del software A.S.M. adaptado al SinambA implica la cesión de dicho software por parte del I.A.T. a la Consejería de Medio Ambiente permitiendo un conocimiento adecuado a dicho organismo para que éste sea capaz de producir, a partir del SinambA, aquellos ficheros de entrada de datos que dicho método precisa (mapa de suelos a mayor nivel de detalle que el de Europa 1/1.000.000, datos meteorológicos, etc).

Para la decodificación de resultados y control de calidad de datos procedentes de estaciones automáticas, pertenecientes a organismos regionales, ha sido igualmente necesaria la instalación del software AMDaC en el organismo técnico regional, de forma que puedan desarrollarse las adaptaciones de ficheros meteorológicos adecuados para su utilización por este software. Este software ha sido, pues, instalado igualmente por el IAT en el SinambA.

#### b) Los modelos de teledetección

Los modelos de teledetección que se utilizan son modelos clásicos para el cálculo del Índice de Vegetación, la temperatura de superficie y la evaluación de la evapotranspiración real a partir de los datos AVHRR suministrados por el satélite NOAA. El tratamiento de estos datos se hace con el software SPACE desarrollado por el proyecto MARS en el contexto global para las 4 regiones y con el software AMATEL para el caso concreto de Andalucía

La combinación de las salidas de los modelos agrometeorológicos y los modelos de teledetección con las otras coberturas definidas más arriba, permite un seguimiento operacional de las condiciones hídricas de las plantas cultivadas y de la vegetación natural, así como también la detección de situaciones de alarma en el caso de que éstas se produzcan. Los índices que se utilizan están relacionados en el capítulo III 1.3 de este documento.

En relación a la aplicación de modelos de teledetección en Andalucía, existiendo en esta región un software de tratamiento de imágenes de satélite (AMATEL) integrado en el SinambA, se ha buscado una adaptación del software SPACE (o de sus funciones) al SinambA. Para ello, dicho software ha

sido igualmente cedido por el IAT al organismo técnico regional, asesorando a este último en la necesaria adaptación.

La Consejería de Medio Ambiente, por su parte, y para asegurarse un acceso continuado, y en tiempo cuasi real, de imágenes de satélite NOAA, relativos a la región de Andalucía ha realizado un acuerdo de colaboración con un centro que le transmite imágenes del mencionado satélite a lo largo de 1993 y 1994. Para poder realizar el tratamiento de estas imágenes ha sido igualmente necesario adaptar las funciones del software SPACE a AMATEL.

c) 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. Andalucía no es, en absoluto, extraña a este fenómeno que afecta a un porcentaje muy elevado de su territorio con unos niveles realmente críticos, no sólo en territorios de escasa potencialidad económica, como pueden ser el sureste de la región (Almería, Granada) sino también en territorios de muy alto potencial agrícola, que pueden ver mermados sus rendimientos en muy corto espacio de tiempo.

En este sentido, son numerosos los estudios que se han llevado a cabo, siempre desde un punto de vista empírico, para conocer, cualitativamente, el riesgo o la erosión promedio existente en la región.

Por otra parte, a nivel de las regiones mediterráneas de la C.E. la D.G. XI emprendió con su programa CORINE una metodología de evaluación de riesgos de erosión, cuyos resultados han sido recientemente publicados (CORINE, 1992) y, que 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 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 ha permitido desarrollar una metodología que integra resultados procedentes de datos meteorológicos relativos a tiempos muy breves (aunque sean diferidos en su recepción temporal) para calcular la energía e intensidad de la lluvia, junto con el manejo de datos en el S.I.G., relativos 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 permiten el uso de la Ecuación Universal de pérdida de suelos (USLE) para realizar, anualmente, el cálculo de pérdidas de suelos y ver su relación con las pérdidas promedio asignadas a las unidades-tierra analizadas.

Para llevar a cabo este objetivo prioritario de espacializar y cuantificar las pérdidas de suelo a través del Sinamba han sido preciso ampliar diversos aspectos no especificados en el proyecto HYDRE global.

En primer lugar, se ha procedido a utilizar información meteorológica de estaciones automatizadas que permiten obtener datos de pluviometría con intervalos de diez minutos. Ello ha posibilitado el cálculo del factor de erosividad de la lluvia, (R) como producto de su energía e intensidad. Dado el escaso número de estaciones meteorológicas de este tipo disponibles han realizado correlaciones de estos datos con otros de más fácil obtención para su extensión a toda la red meteorológica de la región.

Para realizar el cálculo, distribuido espacialmente, de la erodibilidad de los suelos de la región, ha sido preciso introducir en el S.I.G. un mapa de suelos regional a escala 1/400.000-1/100.000, al cual se ha asociado una base de datos relativos a perfiles de suelos dominantes en cada unidad edáfica. La base de datos de suelos ha sido diseñada para que pueda contemplar todos los parámetros precisos para calcular, no sólo la erodibilidad del suelo, sino también aquellos relativos a su coeficiente de retención de agua.

La pendiente analizada según su grado y longitud, fue establecida a partir del empleo de un modelo digital del terreno con resolución de 75 mts. en x,y para el cálculo del grado y la orientación, y a través del uso de fórmulas y modelos, para evaluar la longitud media de la pendiente en pequeñas cuencas. Esto último ha implicado, la digitalización de límites de pequeñas cuencas y su ajuste con otras referencias espaciales ya existentes en el Sinamba.

Para conocer adecuadamente la capacidad de protección que la vegetación brinda espacialmente ante la energía e intensidad de la lluvia, se ha empleado una cartografía de usos y coberturas vegetales procedente de interpretación de imágenes de satélite, ampliando la leyenda Land-cover CORINE para ajustarla a la región de Andalucía. Se ha llevado a cabo, asimismo, una actualización de la cartografía de usos y coberturas del suelo con objeto de analizar sí un control de cambios de usos mediante imágenes se acomoda a las necesidades de aplicación espacial de la USLE. Esta actualización ha permitido establecer las bases de un seguimiento cuantitativo de la protección del suelo por la vegetación, de forma que facilite, para una zona espacial de seguimiento, el conocimiento de la evolución de las pérdidas de suelo en el tiempo.

A estos mapas de coberturas vegetales y usos de suelo

se ha asociado una base de datos de alternativas de cultivos y ciclos dominantes que, en función de la distribución de la erosividad de la lluvia permite controlar a nivel de semidetalle, la capacidad de protección del suelo por la vegetación y los cultivos.

Mediante la combinación de los factores mencionados es posible efectuar el cálculo, en Tm/ha/año, de pérdidas de suelo para la región y conocer su distribución espacial. El cálculo de pérdidas espacializado para un año y su relación con el dato promedio para una serie de años permitirá obtener un indicador ambiental de extraordinario interés en la gestión de las autoridades regionales.

A partir de la modelización, de estos parámetros en el S.I.G. regional se han obtenido mapas automáticos que, a escalas 1/400.000-1/100.000 permiten extraer estadísticas o documentos de orientación a la gestión. Por otra parte, la implantación de un método universalmente aceptado, junto con el empleo de bases de datos de uso común en la C.E. (HYDRE-CORINE), permitiría que a escala regional (no ya europea) se estandarizara el procedimiento.

Para llevar a cabo la implantación de este apartado del proyecto HYDRE en el sistema de información ambiental de Andalucía, ha sido preciso desarrollar numerosas aplicaciones en el SinambA, unas vinculadas a programación en ARC-INFO y ORACLE y otras a normalización de datos, actualización de coberturas vegetales, etc.

### III.1.2. ACLARACIÓN DE TÉRMINOS UTILIZADOS.

Hay que aclarar los términos "recursos hídricos", "seguimiento" y "seguimiento por zonas" utilizados en este documento referidos tanto a nivel de las cuatro regiones, como de Andalucía en su adaptación del proyecto HYDRE al SinambA:

#### a) los recursos hídricos:

Los siguientes recursos, necesidades o riesgos hídricos han sido considerados por el proyecto (la Zona Espacial de Seguimiento definida en el párrafo c) es la unidad para el suministro de informaciones):

-la pluviometría integrada espacialmente

-las necesidades medias de agua de los cultivos;

-la posibilidad y la probabilidad de satisfacer las necesidades mediante la lluvia; cuantificación de los aportes adicionales eventualmente necesarios (por riego);

-las necesidades de agua actuales de los cultivos de regadío o secanos (determinada a partir de las condiciones meteorológicas actuales);

-el grado de satisfacción de las necesidades de agua actuales de los cultivos de secano, determinada en función de las condiciones pluviométricas actuales;

-las condiciones (hídricas) actuales de los cultivos y de la vegetación natural, a partir de las informaciones obtenidas mediante teledetección "NOAA-AVHRR": estos son los datos espaciales obtenidos por la "National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)" con la ayuda del radiómetro "Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)" observadas a través de un satélite meteorológico.

-las pérdidas de suelo por erosión hídrica calculadas a través del desarrollo de la ecuación universal de pérdidas de suelo.

b) el seguimiento:

La palabra "seguimiento" se refiere a dos tipos de "seguimiento"; un seguimiento coyuntural y un seguimiento estructural. Comunes a los dos seguimientos serán los productos que permiten la evaluación de las potencialidades de una zona.

-Por el seguimiento coyuntural se entiende un seguimiento de la situación hídrica del año en curso: se trata del análisis y de la evaluación de las condiciones hídricas actuales, sobre la base de las informaciones actuales y provenientes de la red meteorológica, de la red hidrológica y de la teledetección mediante satélite; este tipo de seguimiento puede originar alarmas en los diferentes ámbitos como el riego, la sensibilidad al incendio en los bosques, el nivel del rendimiento agrícola, etc. En los momentos actuales de finalización del proyecto, la no disponibilidad de una red de estaciones meteorológicas automáticas funcionando en tiempo real imposibilita este tipo de seguimiento que deberá ser resuelto a través e la futura estructuración de una red de este tipo.

-el seguimiento estructural consiste en un apoyo para la evaluación de los efectos sobre los recursos hídricos, de las decisiones de gestión a escala regional: se ha proyectado utilizar el sistema como instrumento para la simulación de situaciones teóricas que podrían producirse luego de la toma de algunas decisiones que pueden tener consecuencias para la agricultura y el medio ambiente de una zona.

-Se pueden utilizar para los dos seguimientos, mapas o

cuadros que den informaciones medias (necesidades de agua de plantas, ocupación de suelos...) o estadísticas (riesgos de erosión, riesgo de sequía agrícola grave), facilitando al mismo tiempo la evaluación de las potencialidades de una zona y el análisis de la situación hídrica tal como se presenta en el año en curso (véase más adelante: el seguimiento del año en curso) relacionado con la situación media. Estos mapas y cuadros en el caso de Andalucía serán producidos a través de su sistema de información ambiental para demandas específicas a definir por los gestores regionales de Medio Ambiente o Agricultura.

c) un seguimiento por zonas:

La escala de las salidas del sistema será zonal, con la extensión de una zona que varía de 1km x 1km hasta 50km x 50km aproximadamente según la precisión y la disponibilidad de informaciones básicas (densidad de la red meteorológica, escala de los mapas de suelos, precisión de los modelos numéricos de terreno, precisión del mapa hidrográfico, etc.) Una zona se define como Zona Espacial de seguimiento y representa interiormente una relativa homogeneidad de las características del medio ambiente que intervienen en la determinación de las condiciones hídricas de la zona; las características que intervienen en la identificación de las zonas son:

-ocupación del suelo, por tipo de cultivo, por tipo de vegetación o por tipo de presencia humana: cultivos de regadío, cultivos de secano-cereales, cultivos de secano (distintos de cereales), cultivos perennes, pastoreo y vegetación herbácea, bosques, zonas urbanas, etc.

-el relieve de una zona, dado en términos generales como llano, ligeramente accidentado, ondulado, etc.

-el clima general con la pluviometría y la temperatura anual como criterios principales de clasificación y teniendo en cuenta la proximidad del mar y de las diferencias significativas de altura;

-la actividad económica predominante;

-las prácticas de cultivos agrícolas predominantes;

-las condiciones edáficas y geológicas:

Teóricamente, considerando la enorme variabilidad espacial de las características de los suelos, cada polígono en el mapa de los suelos podría considerarse como una Zona Espacial de Seguimiento. Un enfoque de este tipo a menudo no se realiza por razones prácticas. Los tipos de suelos se agrupan de acuerdo con (1) sus características que

determinen la Reserva Útil y la profundidad útil (presencia de capas impermeables) y de acuerdo con (2) las características que determinan las posibilidades de recarga de agua de las reservas subterráneas.

Las características que hemos enumerado se consideran como coberturas (mapas) que describen el medio ambiente de la región y las delimitaciones geográficas de las Zonas espaciales de seguimiento.

### **III.1.3 AMBITOS DE APLICACION E INDICADORES CORRESPONDIENTES**

Los indicadores siguientes pueden ser obtenidos, tras la implantación del proyecto en Andalucía, mensualmente:

#### **NECESIDAD DE AGUA, EN GENERAL**

- EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (E.T.P.) MEDIA INTERANUAL
- EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (E.T.P.) PARA EL AÑO EN CURSO
- RELACION E.T.P. ACTUAL/MEDIA INTERANUAL

#### **BALANCE HIDRICO, EN GENERAL**

- RELACION LLUVIA/E.T.P., MEDIA INTERANUAL
- RELACION LLUVIA/E.T.P., PARA EL AÑO EN CURSO
- RELACION LLUVIA/E.T.P., DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS (D.F)
- RELACION LLUVIA/E.T.P, SITUACION ACTUAL EN RELACION A LA D.F.

#### **NECESIDAD DE AGUA, POR CULTIVO**

- MEDIA INTERANUAL OBTENIDA DEL MODELO "A.S.M." DE SIMULACION DE CRECIMIENTO DE CULTIVOS.
- NECESIDAD MENSUAL ACTUAL PARA EL AÑO EN CURSO (MODELO A.S.M.)
- DESVIACION EN RELACION CON LA MEDIA
- DIFERENCIA ESTIMADA ENTRE LA NECESIDAD Y EL APOORTE DE LA LLUVIA
- EVALUACION DEL GRADO DE SATISFACCIÓN DE AGUA DE LOS CULTIVOS DE SECANO (INDICE DE SATISFACCION DE AGUA)
- DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS (D.F.) DE LAS SALIDAS DEL MODELO "A.S.M."
- SITUACION DEL AÑO EN CURSO EN RELACION CON LA D.F. DESVIACION POR RELACION CON LA MEDIA (AÑO EN CURSO)

#### **ESTADO HIDRICO DE LA VEGETACION Y PERDIDA DE SUELOS**

- MAPA PARA UN AÑO, NORMAL, TOMADO COMO REFERENCIA (1991), DEL ESTADO HIDRICO EVALUADO DE LA VEGETACION. CALCULADO CON EL SOFTWARE SPACE A PARTIR DE LOS DATOS NOAA/AVHRR Y ADAPTADO AL SOFTWARE AMATEL DEL SINAMBA
- MAPA PARA UN AÑO DE REFERENCIA (1991) DEL INDICE DE

VEGETACION (I.V.) CALCULADO CON EL SOFTWARE SPACE A PARTIR DE LOS DATOS NOAA/AVHRR Y ADAPTADO AL SOFTWARE AMATEL DEL SINAMBA

- MAPAS, PARA EL AÑO Y MES EN CURSO, DEL INDICE DE VEGETACION (I.V.) Y DEL ESTADO HIDRICO, CALCULADOS CON EL SOFTWARE SPACE A PARTIR DE LOS DATOS NOAA/AVHRR Y ADAPTADO AL SOFTWARE AMATEL DEL SINAMBA
- APRECIACION DE LA SITUACION ACTUAL, EN TERMINOS CUALITATIVOS Y EN RELACION CON EL AÑO DE REFERENCIA, DEL ESTADO HIDRICO DE LA VEGETACION Y DEL INDICE DE VEGETACION (I.V.)
- EVALUACION POR ZONA DE LAS PERDIDAS DE SUELO POR EROSION LAMINAR Y EN REGUEROS EN ANDALUCIA
  
- COMBINACION DE INDICES CLASICOS DE EROSION CON OTRAS INFORMACIONES COMO EL MAPA DE LA OCUPACION DE LOS SUELOS, EL MAPA DE LOS SUELOS, LA CAPACIDAD DE USO DE LOS SUELOS
- APRECIACION CARTOGRAFICA DE LAS PERDIDAS ACTUALES POR EROSION HIDRICA, A PARTIR DE INFORMACIONES ACTUALES MENSUALES COMO EL ESTADO DE PROGRESO DEL DESARROLLO DE LA VEGETACION CULTIVADA, LA COBERTURA DE LOS SUELOS, LA PLUVIOMETRÍA MENSUAL, ETC.

### **III.2. PROGRAMA DE TRABAJO Y PLANIFICACION**

Duración del proyecto: El proyecto se ha realizado durante un período de 24 meses, dividido en tres fases:

Programación general: En el contexto general el desarrollo del proyecto en Andalucía se ha atendido a las condiciones globales que el I.A.T. iba marcando para las 4 regiones a analizar. No obstante, es preciso considerar que la superficie de Andalucía es la mayor de las regiones analizadas y que se ha realizado una implantación del proyecto en toda su magnitud en el Sinamba, de lo cual se han derivado modificaciones en los planteamientos previstos inicialmente y que se mencionan más adelante.

FASE 1: Preparación, recogida de las informaciones básicas e instalación del S.I.G. del organismo técnico central y de la Consejería de Medio Ambiente de Andalucía.

Durante el curso de esta fase se han efectuado principalmente dos grupos de actividades:

Formación de inventario, recogida y, elaboración de las informaciones y datos básicos necesarios para efectuar los trabajos propuestos.

Cabe mencionar en especial:

- a) formación de inventarios a nivel de los servicios nacionales y regionales de las actividades ya existentes en el ámbito del seguimiento de los recursos hídricos;

tomas de contacto.

- b) formación de inventarios y comprobación de los productos disponibles a nivel del programa CORINE, en especial en los ámbitos de la ocupación de los suelos ("CORINE Land Cover"), de los datos medios climatológicos mensuales y de mapas edáficos.
- c) elaboración de mapas detallados de la ocupación de los suelos de la región de Andalucía, a partir de imágenes de satélite; este trabajo ha implicado la actualización y ampliación del proyecto Land Cover CORINE para Andalucía, con referencia al año 1987 y la actualización de dicha cobertura de información con referencia al año 1991.
- d) investigaciones precisas en la literatura y, sobre todo, a nivel de los servicios científicos y técnicos de la región, de las informaciones ya disponibles en los ámbitos de la erosión, valoración de infiltración, cálculo de las necesidades de agua de los cultivos de la región, etc.
- e) formación de un inventario completo de los productos cartográficos e informaciones geográficas inmediatamente disponibles, y de su precisión, fiabilidad y escala en el SinambA:
  - mapas climatológicos
  - análisis agro-climatológicos y análisis de frecuencia de los distintos parámetros climatológicos
  - mapas de suelos digitalizados o no.
  - mapas de cuencas vertientes, digitalizados o no
  - modelos numéricos de terreno
  - mapas de los riesgos de la erosión
  - mapas de la utilización de los suelos
  - mapas de la evaluación de la capacidad de los suelos
  - estadísticas básicas (agricultura, ganadería, turismo, evolución del urbanismo, etc.)
- f) estudio bibliográfico de los métodos, de los modelos, índices, etc. que se podrían utilizar en la región de Andalucía.
- g) adquisición del material básico y del software informático necesarios para los trabajos. Instalación en

Andalucía de los software SPACE, A.S.M. y AMDAC. desarrollados por el I.A.T. del CCR.

- h) adquisición de las informaciones y datos necesarios, como los datos meteorológicos e hidrológicos históricos, los datos de teledetección (SPOT, LANDSAT TM y NOAA/AVHRR), y los productos cartográficos, comerciales. La adquisición de imágenes de satélite NOAA se ha realizado en Andalucía a través de un Acuerdo específico con un centro de recepción situado en España.
- i) empezar las negociaciones con los servicios meteorológicos, hidrológicos y de agronomía regionales y nacionales para suministro en tiempo real de los datos hidro-meteorológicos actuales que eran necesarios durante otras fases de trabajo.

2. Los trabajos que se relacionan a continuación han dado por resultado la instalación de un laboratorio de tratamiento informático centralizado que tiene en Andalucía su reflejo en el Sistema de información ambiental de la Consejería de Medio Ambiente.

- a) la instalación de un sistema de información geográfica (S.I.G.) con todas las coberturas (mapas de ocupación de los suelos, los M.N.T., los mapas de los suelos, datos meteorológicos, etc.)
- b) la digitalización de otras informaciones (mapas) aún no informatizadas cuando comenzó el proyecto.
- c) la instalación de cadenas de tratamiento de datos de satélites NOAA/AVHRR y tratamiento de los datos agro-meteorológicos en el SinambA, a partir de la cesión de los softwares SPACE, A.M.S. y AMDAC, por parte del Instituto para las aplicaciones de la Teledetección. Esto último ha implicado numerosas reuniones técnicas con el I.A.T. de Ispra, para que las adaptaciones necesarias puedan ser realizadas por los técnicos de la Consejería de Medio Ambiente de Andalucía al SinambA.

**FASE 2:** Definición de estrategias para la elaboración de los índices de seguimiento de los recursos hídricos y de alarma.

Lo esencial de esta fase ha consistido en la puesta a punto de una metodología para el seguimiento de los recursos hídricos. Se pueden extraer resultados espacializados según los siguientes ámbitos:

- 1. Identificación, delimitación y cartografía de las Zonas Espaciales de Seguimiento, dentro del S.I.G. utilizando las coberturas instaladas desde la primera fase, respondiendo a una malla de 25km x 25km.

Estas zonas de seguimiento pueden ser ampliadas a mayor resolución (10km x 10km) en todas las variables salvo en lo relacionado, por el momento, con las estaciones meteorológicas.

2. El seguimiento de las condiciones de la vegetación mediante teledetección, principalmente con:

a) la instalación de una cadena de tratamiento de datos AVHRR en la región de Andalucía con vista a la producción, en forma cartográfica, de los índices de vegetación, de la evapotranspiración real de la vegetación y de las desviaciones de la situación de un año en curso en relación con un año de referencia, y

b) la instalación y programación informática de los índices de seguimiento, identificados a partir de la literatura y el inventario establecido en la primera fase, así como del seguimiento de los riesgos de erosión y pérdidas de suelo en Andalucía.

En este caso la unidad espacial de seguimiento puede ser llevada a una malla de 1km x 1km.

**FASE 3:** Puesta en funcionamiento operativo del hardware y software que soportan el desarrollo y elaboración de índices e indicadores desarrollados en HYDRE.

Esta fase ha sido subdividida en:

**FASE 3.1:** Suministro en rutina de los índices (FASE TEST no validada).

El objeto final de esta fase ha consistido en suministrar, a título de test, índices como los que se indican en el párrafo III 1.3 de este documento.

Durante esta fase, se han probado y eventualmente ajustado el sistema de tratamiento de datos y de la producción de salidas (índices). Asimismo, se ha efectuado una primera validación de los índices comparándolos con la situación real.

**FASE 3.2:** Implantación definitiva de zonas de seguimiento e instalación de equipos hardware y software.

### III.3 CRONOLOGIA DE DESARROLLO DE TRABAJOS

La cronología propuesta por el Instituto para las Aplicaciones de la Teledetección ha sido asumida completamente por la Consejería de Medio Ambiente en todo aquello que concierne al desarrollo global del proyecto para las cuatro regiones. No obstante, dado el objetivo de implantación del proyecto HYDRE en

su Sistema de información ambiental (SinambA), y la aproximación buscada a escala regional, con objetivo prioritario de obtener indicadores ambientales sobre las pérdidas de suelo y la sequía, ha sido preciso desarrollar una serie de procesos adicionales, los cuales se han ejecutado en el periodo previsto de 24 meses.

#### **IV. CREACION DE COBERTURAS DE INFORMACION PARA EL S.I.G. REGIONAL**

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, entre las que se pueden mencionar, como ejemplo, la estratificación de una región en zonas con características comunes y la evaluación espacial de la sensibilidad media a la erosión. 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.

Combinadas 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