

Sistema Integrado de Información Agraria

Ejemplar nº0
Enero-Junio 2002

Boletín de

Teledetección

*Seguimiento del estado de los cultivos
en Andalucía*

Servicio de Estudios y Estadísticas
Consejería de Agricultura y Pesca

INTRODUCCIÓN

La agricultura, motor de desarrollo de todas las civilizaciones, ha sido y es fuente de riqueza y patrimonio cultural de muchos pueblos. En los inicios del siglo XXI, Andalucía sigue apostando por la agricultura como uno de sus principales recursos y como una forma de vida de la que nuestra región es un excelente representante de la Unión Europea.

Esta decidida apuesta por la agricultura, se tradujo en el compromiso del Gobierno de Andalucía con los agentes económicos y sociales para la realización, diseño e implantación de un Plan de Modernización de la Agricultura Andaluza que posibilitara un desarrollo armónico del sector primario andaluz.

Este Plan surgió como “*vocación de actualización permanente y pretende incitar a la reflexión y al debate continuos, de manera que su contenido esté abierto a nuevas aportaciones imaginativas*” (Paulino Plata, Prólogo del Plan de Modernización de la Agricultura Andaluza 2000-2006).

La Consejería de Agricultura y Pesca ha recogido el reto de la modernización y presenta el proyecto “***El uso de la teledetección espacial en el Sistema Integrado de Información Agraria (SIIA)***”. Este proyecto de teledetección aplicado a la agricultura andaluza, y el boletín que aquí se presenta, están decididamente encuadrados dentro del proceso de “*actualización permanente*” y “*apasionante reto por conseguir una agricultura moderna, con capacidad de respuesta y adaptación frente a los cambios*” y nace con la intención de aplicar esta tecnología que esta por utilizar en la agricultura andaluza.

CONTENIDOS

➤ Descripción general del proyecto

Objetivos

Metodología

Fuentes de la información

➤ Posibles contenidos del boletín

Estadísticas generales

Mapas y Curvas de evolución

Detección de anomalías

➤ Análisis de algunos grupos de cultivo de Andalucía mediante Teledetección

Provincia de Almería

Provincia de Cádiz

Provincia de Córdoba

Provincia de Granada

Provincia de Huelva

Provincia de Jaén

Provincia de Málaga

Provincia de Sevilla

➤ Evolución general de la vegetación en Andalucía

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Este boletín que se presenta por vez primera, surge con la intención de complementar, desde otro punto de vista, “a vista de pájaro”, la información de que dispone la Consejería de Agricultura y Pesca (CAP) del estado de los cultivos en Andalucía, a partir de imágenes satélite adquiridas a más de 800 Kilómetros de altura sobre la superficie terrestre.

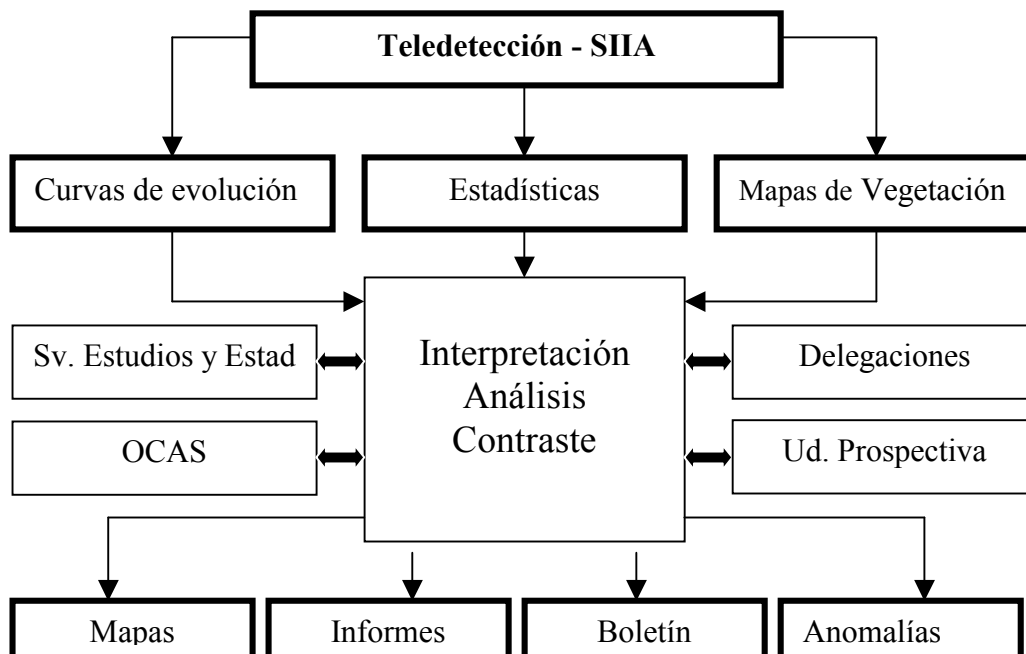
La Teledetección espacial es una ciencia, ya consolidada a pesar de su “juventud”, que basa sus estudios y desarrollos en la medida y el análisis de la radiancia electromagnética emitida y reflejada por la superficie terrestre. En la actualidad, es una de las técnicas más fiables y avanzadas para el seguimiento permanente y el control, en tiempo real, de la vegetación natural y de los cultivos.

El proyecto “*El uso de la teledetección espacial en el Sistema Integrado de Información Agrario (SIIA)*” está ya generando una nueva fuente de información

en el SIIA que será utilizada en la evaluación, contraste y seguimiento del estado de los cultivos, tanto en su evolución anual como respecto a años anteriores. A través de estas comparaciones se podrá entender con mucha mayor claridad el contexto agro-climatológico en el que se desarrollan o desarrollaron los cultivos. De esta manera, también se podrán identificar las posibles anomalías o alteraciones biológicas que afecten a los cultivos como por ejemplo, crecimientos anómalos o tardíos, sequías, heladas, inundaciones, plagas, etc.

El módulo de teledetección del SIIA estará a su vez integrado de manera directa con otros usuarios y Sistemas que servirán para producir validaciones de los resultados del módulo (estadísticas, curvas de desarrollo, imágenes, etc). Esta integración permitirá una explotación más sólida por parte de los usuarios. Conforme el tiempo transcurra, el módulo de análisis adquirirá una mayor fiabilidad, para cada lugar y momento.

El *Esquema 1* resume el flujo general y de integración de la información.



Esquema 1

OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es la generación de una nueva fuente de datos a partir de los satélites que complemente la información actual sobre los cultivos en Andalucía. Asimismo, se va a realizar un seguimiento, en tiempo real, del desarrollo del estado vegetativo de los cultivos a lo largo del año agrícola. De esta manera, también se podrán detectar las anomalías que les afecten.

METODOLOGÍA

La metodología de trabajo se fundamenta en el tratamiento integrado de dos fuentes de datos: datos procedentes de los satélites y datos de campo o de localización geográfica de los cultivos. A partir de los datos de los satélites se obtienen radiancias, tanto en la región espectral del visible como la del infrarrojo, a partir de las que se generan mapas de reflectancias y de temperaturas. El seguimiento del estado vegetativo de los cultivos se hace a partir de los mapas de índices de vegetación. Estos mapas se generan diariamente a escala regional, lo que permite

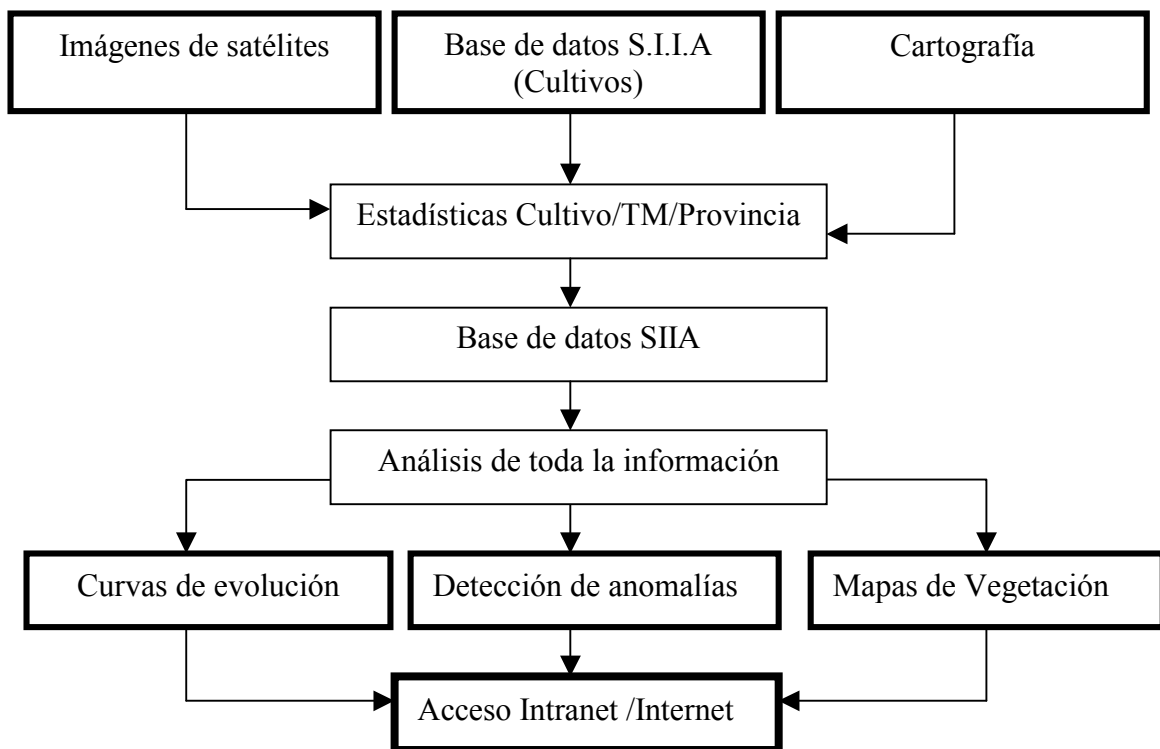
el seguimiento de todos los grupos de cultivo de Andalucía a lo largo de todo el año agrícola.

El hecho de tener estas dos fuentes de información permite generar estadísticas periódicas de la evolución de los grupos de cultivos a diferentes niveles de unidades territoriales (término municipal, provincia, etc.). Estas estadísticas se cargan en la base de datos del SIIA y pueden ser consultadas y analizadas.

El seguimiento en tiempo real de la evolución de los grupos de cultivo de Andalucía se basa en dos tipos de análisis:

- Análisis intra-anual: seguimiento del desarrollo de los grupos de cultivo entre diferentes fechas del mismo año agrícola.
- Análisis inter-anual: comparación del estado de los grupos de cultivo entre el año en curso y años anteriores.

El *Esquema 2* muestra de manera resumida el flujo de la información.



Esquema 2

FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de datos pueden ser de dos tipos:

A) Satélite

- Imágenes de la serie de satélites NOAA-AVHRR desde los años 1992 a 2001 (Fuente: CMA)
- Imágenes diarias de NOAA-AVHRR para el año en curso
- Imágenes WIFS-IRS de los años 1999 y 2000
- Imágenes Landsat TM
- Otros sensores por determinar

En la actualidad, las imágenes que se están usando provienen de imágenes del sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) del satélite NOAA (National Oceanographic and American Administration). Estas imágenes tienen una resolución espacial de $1 \times 1 \text{ Km}^2$ y han sido usadas extensamente habiendo generado buenos resultados en el seguimiento de la vegetación en general y de los cultivos en particular, las principales ventajas de este sensor son los siguientes:

- La buena resolución temporal, ya que se pueden recibir hasta 2 imágenes al día.
- El AVHRR es un sensor multiespectral que opera en el visible y en el infrarrojo
- Una imagen NOAA-AVHRR puede cubrir áreas muy grandes hasta $2048 \times 2048 \text{ Km}^2$.
- Las imágenes NOAA-AVHRR son muy baratas.

La resolución espacial de este sensor no permite el análisis de precisión para cultivos dispersos o aquellos que ocupan superficies muy reducidas. Por esta razón está previsto en el futuro el uso de imágenes de otros sensores con mejor resolución espacial, como son el sensor TM (Thematic Mapper) de Landsat que tiene una resolución de $30 \times 30 \text{ m}^2$ o WIFS (Wide Field Sensor) a bordo de la serie IRS (Indian Remote Sensing) que tiene una resolución de $188 \times 188 \text{ m}^2$ y así completar la

información obtenida a partir de imágenes NOAA-AVHRR.

Las imágenes de alta resolución espacial, además de que son más caras que las imágenes NOAA-AVHRR, tienen una baja resolución temporal, por lo que no permiten un seguimiento en tiempo real de los cultivos. Sin embargo sí pueden utilizarse para integrarlas varias veces al año con las imágenes diarias NOAA-AVHRR de manera que permita obtener información de alta resolución espacial y temporal.

Según Christian Bernard, director de estrategia de negocio de Spot Image, “*se estima que para el 2006 el 65 % del mercado global de observación de la tierra serán imágenes de igual o mayor resolución que 1 metro*”. Está muy claro que las posibilidades de mejora espacial de los sensores, junto con el aumento de la oferta, abre un abanico muy amplio de oportunidades de observación continua de la superficie terrestre. La consecuencia inmediata de esta política de expansión será el crecimiento de la observación y el estudio de la agricultura de precisión. Un ejemplo de actualidad sería el satélite IKONOS que surte de imágenes multiespectrales con las que se puede estudiar el cultivo a nivel de parcela. El gran inconveniente de este tipo de imágenes es su coste que todavía es bastante elevado.

B) Cartografía de cultivos

- Mapa de cultivos y aprovechamientos de Andalucía de la Consejería de Agricultura y Pesca.
- Mapa anual elaborado a partir del Catálogo de Explotaciones Agrícolas (Cultivos declarados)

Para la fuente de contraste cartográfica se está usando el mapa de cultivos y aprovechamientos de la CAP, que comprende en realidad una asociación de cultivos por grupos, a saber: *Arroz, Choperas, Cítricos, Cultivos subtropicales, Frutal de regadío, Frutal de secano, Herbáceos de regadío, Herbáceos de secano, Olivar de regadío, Olivar de secano, Olivar/Frutal de secano,*

Subtropical/Cítricos, Viñedo y Cultivos protegidos. Se han excluido los denominados como *Improductivo, No cultivado, Invernadero y Huerta*, los tres primeros por razones agronómicas obvias y el último debido a sus características de dispersión y poca representatividad en el global de la región.

En breve se van a obtener resultados con mapas de cultivos anuales procedentes del Catálogo de Explotaciones Agrícolas, de manera que la imagen fija que representa el actual mapa de cultivos de la Consejería tenga la suficiente regeneración para cada campaña agrícola.

POSIBLES CONTENIDOS DEL BOLETÍN DE TELEDETECCIÓN

Este boletín de teledetección surge con el propósito de complementar la información generada por el Servicio de Estudios y Estadísticas de la Consejería de Agricultura y Pesca. Sus contenidos se irán desarrollando con mayor detalle conforme avance el proyecto donde se enmarca.

El Servicio de Estudios y Estadísticas edita cada semana y mes un boletín de información agraria que se encuentra disponible en Internet desde Septiembre de 1996. El boletín del Servicio se divide en varios apartados fundamentales: Climatología, Estado de los cultivos, Estado de la ganadería y Precios agrarios. El boletín de teledetección se integrará en la sección "Estado de los cultivos" en forma de módulos que vendrán a complementar la información del Servicio de Estudios.

Las características generales del boletín serán:

- Periodicidad: Inicialmente será mensual aunque podrá modificarse en función de los requerimientos del Servicio.
- Periodo de Estudio: año natural o año agrícola.

- Ámbito geográfico de estudio: 770 términos municipales de Andalucía.
- Contenidos principales: estadísticas (análisis Inter-anual e Intra-anual), gráficos y curvas de evolución de los cultivos, bloque de detección de anomalías.

Evidentemente, el análisis geográfico en el Boletín no podrá ser tan exhaustivo como para el proyecto: 770 términos municipales y 14 grupos de cultivo, aunque todas las estadísticas sí que estarán accesibles a través de Intranet / Internet. Cada ejemplar incluirá una muestra representativa de la situación general, teniendo en cuenta los calendarios fenológicos de los cultivos y las incidencias climatológicas acontecidas en el mes.

El agrupamiento inicial de la información será a nivel provincial para después desarrollar algunos ejemplos a nivel término y por grupo/s de cultivo/s para ese término.

Como ya se ha comentado anteriormente, la generación y el análisis de la información está organizada en base a dos tipos de análisis: Intra-anual e Inter-anual. Los contenidos del boletín estarán organizados a partir de estos análisis:

ESTADÍSTICAS GENERALES

Contendrá valores estadísticos representativos de la situación de la provincia y/o término municipal en base a los cultivos del lugar.

MAPAS Y CURVAS DE EVOLUCIÓN

Las imágenes son representaciones gráficas de los datos en forma de mapas, con una determinada escala de colores que caracteriza el grado de actividad / inactividad vegetativa de los cultivos.

Las curvas de evolución representan las variaciones decenales de la actividad vegetativa para un grupo de cultivo determinado, en una localización geográfica dada.

El proyecto ofrece las siguientes posibilidades:

- Análisis Intra-anual (1 año)
 - Curvas de evolución para cada grupo de cultivo y Término.
 - Curvas de evolución para cada grupo de cultivo y distintos Términos.
 - Curvas de evolución de los grupos de cultivo existentes a nivel provincial.
 - Curvas de evolución de un grupo de cultivo en distintas provincias.
- Análisis Inter-anual (varios años)
 - Curvas para cada grupo de cultivo a nivel de Término.
 - Curvas para cada grupo de cultivo a nivel de provincia.

Algunas de estas curvas y su materialización están aún en desarrollo, pero en este primer número se van a mostrar algunos ejemplos.

DETERMINACIÓN DE ANOMALÍAS

Esta sección hace referencia a los análisis de detección de anomalías incluidos en el proyecto. El planteamiento se basa en la localización rápida de las deficiencias en el desarrollo biológico normal de los cultivos, de manera que se delimiten aquellas zonas cultivadas que puedan estar sufriendo un desarrollo anómalo (anomalías) respecto, no sólo del año en curso, sino respecto de otros años. La detección de anomalías se ha automatizado para guiar la localización de las zonas objeto ya que fácilmente se comprende que las combinaciones posibles entre los 770 términos municipales de Andalucía con los grupos de cultivo o los cultivos considerados generan una gran cantidad de información.

Se han desarrollado dos módulos de análisis independientes, que comparan, de manera retroactiva, la decena presente con las inmediatas anteriores del año en curso y con la misma decena de los años anteriores. La primera comparación es sensible a los cambios producidos (positivos o negativos) en un pequeño intervalo de tiempo y la segunda

define la sensibilidad al retraso o adelanto del cultivo para una situación temporal pasada bajo otras circunstancias meteorológicas. Ambos análisis confluyen en uno sólo que determina el riesgo real de anomalía para una combinación dada.

Este bloque de detección de anomalías integrará en el futuro próximo información meteorológica procedente de estaciones de la red agro-climatológica de la CAP y posiblemente de otras fuentes por definir.

ANÁLISIS DE ALGUNOS GRUPOS DE CULTIVO DE ANDALUCÍA MEDIANTE TELEDETECCIÓN

La primera mitad del año 2002 ha sido, según el Instituto Nacional de Meteorología (INM) un año muy lluvioso en Andalucía. En términos generales, en toda la región se han superado las precipitaciones medias, en especial en la provincias de Málaga, Granada y Almería. Este incremento de las precipitaciones se ha visto reflejado en muchos de los resultados analizados mediante Teledetección. En general se puede afirmar que, el análisis de la evolución de los cultivos a lo largo de este año, muestra un buen desarrollo comparando los resultados obtenidos con años anteriores, como el año 1998 que fue un año lluvioso y el año 1995 que fue un año muy seco.

La información de partida que se está usando en los análisis por término municipal es, en primer lugar, imágenes del sensor AVHRR del satélite NOAA, a partir de las cuales se generan mapas diarios de vegetación, lo que permite tener información actualizada del estado vegetativo de los grupos de cultivo y realizar un seguimiento en tiempo real de su desarrollo a lo largo del año agrícola. En segundo lugar, se está usando el mapa de cultivos y aprovechamientos de la Consejería de Agricultura y Pesca (CAP), que permite localizar un conjunto de grupos de cultivos o clases para toda Andalucía.

En los próximos boletines, se integrarán muchos más datos como información referente al histórico de registros, datos pluviométricos, temperaturas, etc., para mejorar el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de la evolución vegetativa, determinada mediante Teledetección, de algunos de los grupos de cultivo presentes en cada provincia para varios años.

PROVINCIA DE ALMERÍA

Término municipal: Vélez Blanco
Cultivo seleccionado: Herbáceos de secano
Código catastral: 04098
Código INE: 04098

Estadísticas según el mapa de cultivos y aprovechamientos de la CAP

- Superficie total del término: 44.111 Ha
- Superficie cultivada aproximada: 60 %
- Grupos de cultivo según el mapa de la CAP: Herbáceos de secano, Herbáceos de regadío, Frutal de secano, Olivar de secano.
- Porcentaje de Herbáceos de secano respecto del total cultivado: 75%

Resultados mediante Teledetección

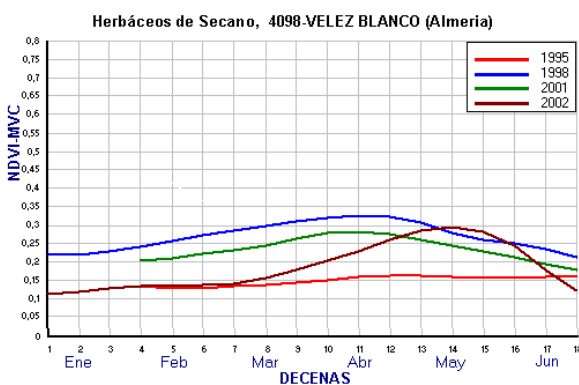


Figura 1

La Figura 1 muestra la evolución del índice de vegetación de los Herbáceos de secano en el término municipal de Vélez Blanco durante el periodo Enero-Junio para los años 1995, 1998, 2001 y 2002.

Se pueden obtener varias conclusiones de la Figura 1. Por un lado, la parecida evolución de este grupo de cultivo para los años 1998 y 2001, con valores superiores de NDVI-MVC en 1998. Por el contrario, el año 1995 fue realmente anómalo, con una curva casi plana. Aunque el año 2002 empezó con un desarrollo muy parecido al año 1995, con valores muy bajos de NDVI, éstos empezaron a mejorar a partir de marzo, alcanzando su máximo a mediados de mayo, para posteriormente descender progresivamente hasta completar su ciclo estacional. El desplazamiento temporal que presenta la curva del año 2002 puede deberse a las abundantes lluvias que hubo en el primer tercio de año que mantuvo el suelo con mayor grado de humedad.

Se puede concluir para la Figura 1 que el año 1998 tuvo los mayores valores. Finalmente, hay que destacar que la evolución de este grupo de cultivo fue parecida en la mayoría de los términos municipales analizados de esta provincia.

PROVINCIA DE CÁDIZ

Término municipal: San Roque
Cultivo seleccionado: Cítricos
Código catastral: 11033
Código INE: 11033

Estadísticas según el mapa de cultivos y aprovechamientos de la CAP

- Superficie total del término: 13.991 Ha
- Superficie cultivada: 10 %
- Grupos de cultivo según el mapa de la CAP: Herbáceos de secano, Herbáceos de regadío, Cultivos subtropicales, Cítricos.
- Porcentaje de Cítricos respecto del total cultivado: 36 %

Resultados mediante Teledetección

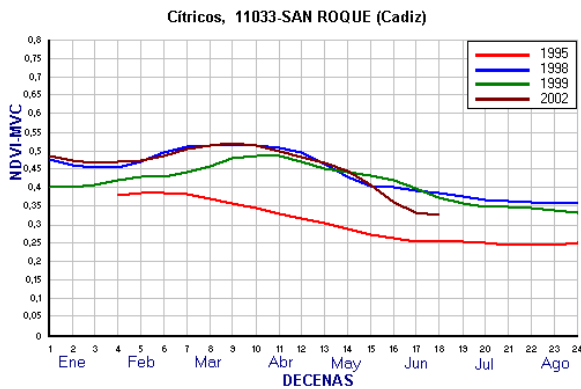


Figura 2

La Figura 2 muestra la evolución del índice de vegetación de los Cítricos en el término municipal de *San Roque* durante el periodo Enero-Agosto para los años 1995, 1998, 1999 y 2002.

A partir de la Figura 2 se puede destacar que la evolución de este grupo de cultivo para los años 1998 y 2002 ha sido muy parecida hasta finales de mayo. Si tomamos como referencia el año 1998 que fue muy lluvioso (valores muy altos de NDVI), se llega a la conclusión que el año 2002 está siendo un año positivo. El desarrollo de la curva del año 1999 fue parecido pero con valores un poco inferiores que los años 1998 y 2002. A destacar la coincidencia del inicio primaveral con los valores máximos de las curvas. Por último, el desarrollo vegetativo del año 1995 fue anómalo, con una evolución negativa muy clara a lo largo de todo el año.

PROVINCIA DE CÓRDOBA

Término municipal: Obejo
Cultivo seleccionado: Olivar de secano
Código catastral: 14047
Código INE: 14047

Estadísticas según el mapa de cultivos y aprovechamientos de la CAP

- Superficie total del término: 21.410 Ha
- Superficie cultivada: 15 %

- Grupos de cultivo según el mapa de la CAP: Olivar de secano, Herbáceos de secano, Frutal de secano, Huerta.
- Porcentaje de Olivar de secano respecto del total cultivado: 98 %

Resultados mediante Teledetección

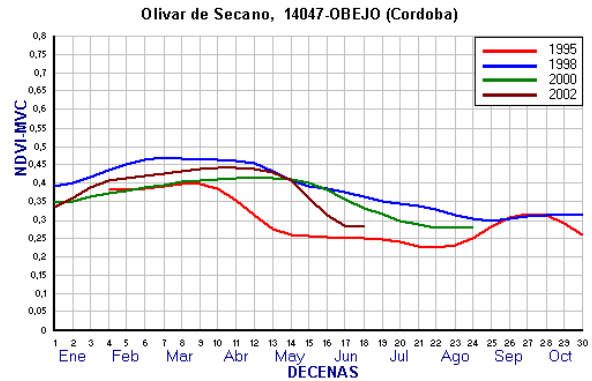


Figura 3

La Figura 3 muestra la evolución del índice de vegetación del Olivar de secano en el término municipal de *Obejo* durante el periodo comprendido entre Enero y Octubre de los años 1995, 1998, 2000 y 2002.

El olivar es uno de los grupos de cultivo más complejos por analizar porque reúne una elevada serie de características variables: marcos de plantación, tipos de suelo, edad de la plantación, variedades, etc. Se está trabajando para disponer de información de campo que ayude a controlar variables para interpretar y clasificar las distintas zonas productivas desde el punto de vista espectral.

En principio, todos los perfiles de las curvas de evolución que se presentan tienen un desarrollo temporal parecido con diferencias en los valores representados en el eje de ordenadas. Hay que destacar que, para el primer tercio del año, la evolución de la curva del 2002 ha sido mejor que la del año 2000 e inferior que la del año 1998, que fue la mejor, con unos valores del índice de vegetación muy altos. La evolución a lo largo del año 1995 fue nuevamente anómala, con valores claramente inferiores.

PROVINCIA DE GRANADA

Término municipal: Fuente Vaqueros
Cultivo seleccionado: Choperas
Código catastral: 18081
Código INE: 18079

Estadísticas según el mapa de cultivos y aprovechamientos de la CAP

- Superficie total del término: 1.610 Ha
- Superficie cultivada: 92 %
- Grupos de cultivo según el mapa de la CAP: Herbáceos de regadío, Choperas, Frutal de regadío, Olivar de regadío.
- Porcentaje ocupación de las Choperas respecto del total cultivado: 27 %

Resultados mediante Teledetección

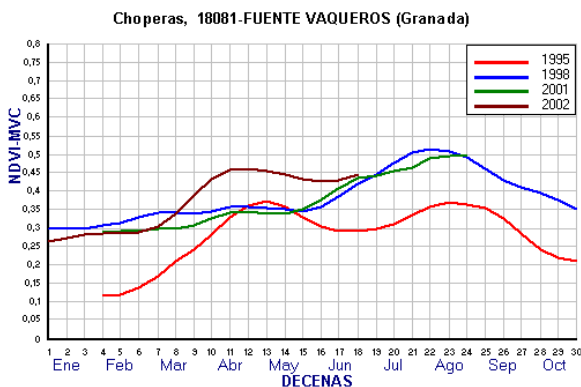


Figura 4

La Figura 4 muestra la evolución del índice de vegetación de las Choperas en el término municipal de *Fuente Vaqueros* durante el periodo Enero-October para los años 1995, 1998, 2001 y 2002.

Este grupo de cultivo no se puede considerar estrictamente agrícola sino más bien forestal. Sin embargo, aparece como tal en el mapa de cultivos y aprovechamientos de la CAP, razón por la que se ha considerado interesante incluirlo en el primer boletín por ser claramente diferente del resto de cultivos. Este "cultivo" es sólo interesante en la zona de la Vega de Granada, en donde alcanza un papel destacado.

Según la Figura 4, el desarrollo vegetativo de las Choperas para la primera mitad del año 2002 está siendo muy positivo, con valores muy altos respecto del resto de años representados. A partir de finales de mayo su evolución se acerca a la evolución de los años 1998 y 2001, años que presentan un desarrollo parecido. El año 1995 muestra valores bastante inferiores de NDVI-MVC comparando con los demás años.

PROVINCIA DE HUELVA

Término municipal: Huelva
Cultivo seleccionado: Herbáceos de regadío
Código catastral: 21901
Código INE: 21041

Estadísticas según el mapa de cultivos y aprovechamientos de la CAP

- Superficie total del término: 14.865 Ha
- Superficie cultivada: 30 %
- Grupos de cultivo según el mapa de la CAP: Herbáceos de secano, Herbáceos de regadío, Cítricos, Cultivos protegidos, Olivar de secano, Olivar de regadío.
- Porcentaje ocupación de los Herbáceos de regadío respecto del total cultivado: 18 %

Resultados mediante Teledetección

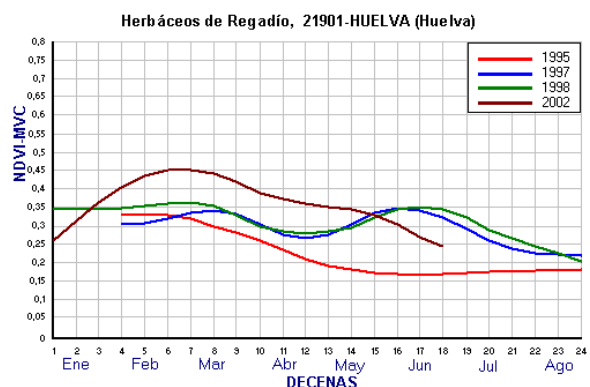


Figura 5

La Figura 5 muestra la evolución del índice de vegetación de los Herbáceos de regadío en el término municipal de *Huelva*

durante el periodo Enero-Agosto para los años 1995, 1997, 1998 y 2002.

La curva de evolución para el primer tercio del año 2002 ha mostrado un desarrollo muy sensible del NDVI-MVC. Si estudiamos la forma de la curva, se puede apreciar que los valores muestran una distribución que podría estar asociada a herbáceos de secano y no de regadío como el mapa de cultivos indica. En breve, para realizar este contraste, estará disponible el mapa de distribución anual de los cultivos de Andalucía según todas las líneas declarativas de la Consejería.

Las curvas de los años 1997 y 1998 muestran una evolución similar y éstas sí presentan incrementos en los valores de NDVI en los meses de mayo y junio, con una evolución parecida. Los valores del año 1995 representan una evolución con pendiente negativa hasta junio, para después mantenerse prácticamente constante.

PROVINCIA DE JAÉN

Término municipal: Los Carcheles
Cultivo seleccionado: Olivar de secano
Código catastral: 23023
Código INE: 21901

Estadísticas según el mapa de cultivos y aprovechamientos de la CAP

- Superficie total del término: 4.311 Ha
- Superficie cultivada: 55 %
- Grupos de cultivo según el mapa de la CAP: Olivar de secano, Olivar de regadío, Herbáceos de secano, Herbáceos de regadío, Huerta, Frutal de secano, Frutal de regadío.
- Porcentaje de ocupación del Olivar de secano respecto del total: 98 %

Resultados mediante Teledetección

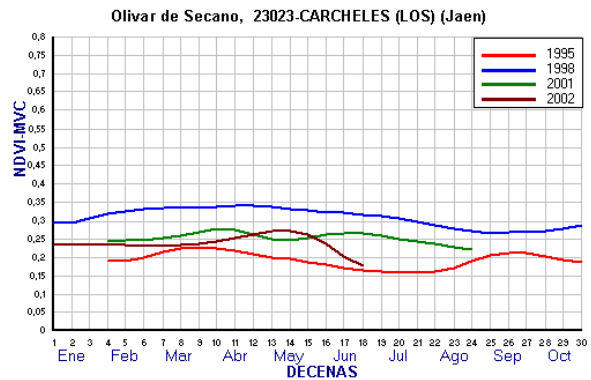


Figura 6

Jaén es la provincia de España con más superficie de Olivar, (más de 580.000 Ha en los tres últimos años) razón más que suficiente para elegir este cultivo como representante en el primer boletín.

Se ha escogido un término en donde se puede afirmar que el olivar es absolutamente mayoritario.

La Figura 6 representa la evolución del índice de vegetación del Olivar de secano en el término municipal de *Los Carcheles* durante el periodo Enero-Octubre para los años 1995, 1998, 2001 y 2002.

Como se puede observar, el olivar no tiene una respuesta espectral muy alta para los años estudiados; su rango de evolución es bastante menor que otros cultivos como los herbáceos o el arroz. Los años 1995 y 1998 fueron años extremos teniendo el primero los valores más bajos y el segundo los valores más altos. La evolución de los años 2001 y 2002 son casi similares con un rango de variación también muy pequeño.

PROVINCIA DE MÁLAGA

Término municipal: Antequera
Cultivo seleccionado: Herbáceos de secano
Código catastral: 29015
Código INE: 29015

Estadísticas según el mapa de cultivos y aprovechamientos de la CAP

- Superficie total del término: 81.382 Ha
- Superficie cultivada: 68 %
- Grupos de cultivo según el mapa de la CAP: Herbáceos de secano, Herbáceos de regadío, Olivar de secano, Olivar de regadío, Frutal de secano, Frutal de regadío, Viñedo, Huerta.
- Porcentaje ocupación de los Herbáceos de secano respecto del total cultivado: 39 %

Resultados mediante Teledetección

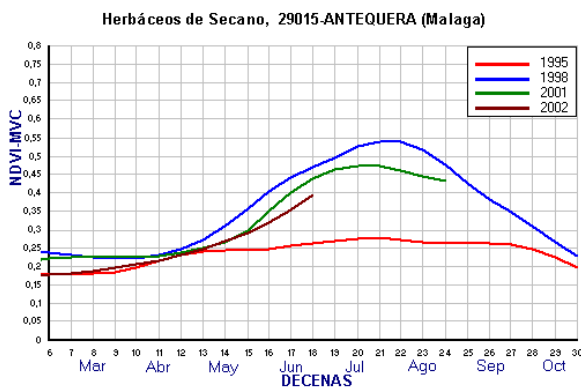


Figura 7

Las curvas de la Figura 7 presentan una distribución que puede considerarse típica para un herbáceo de secano: crecimiento positivo del NDVI hasta el máximo de los meses de marzo-abril (dependiendo de la fecha de siembra y de la lluvia acumulada), para a partir de ese punto adquirir valores decrecientes que marcan la pendiente negativa de la curva, asociada a los procesos naturales de maduración y agostamiento o, en otras palabras, descenso del vigor vegetativo o producción fotosintética. Los desplazamientos temporales que presentan las curvas entre sí obedecen probablemente a razones de índole agronómica, relacionadas con la fecha de

siembra o las reservas de agua y temperaturas para años distintos. Estos grados de incertidumbre sobre datos del histórico, irán disminuyendo conforme el sistema vaya adquiriendo una mayor integración y aumento el conocimiento de las variables mencionadas.

El año 1995 es el único que muestra una curva con un patrón de desarrollo distinto. Ese año, como ya se ha mencionado anteriormente, fue extremadamente seco, razón por la que las producciones se resintieron notablemente. Este hecho tiene una doble consecuencia en el gráfico: por un lado los valores de NDVI-MVC son notablemente inferiores a los de las otras curvas (alrededor de 0.2 puntos de media para los máximos) y por otro, la curva se muestra casi sin forma, notablemente achatada, con un ligero crecimiento y un tenue descenso. La conclusión que nos muestra ese año para los herbáceos de secano es que las señales espectro-biológicas que recogió el sensor y resuelve el índice fueron muy débiles, fruto del escaso desarrollo e implantación que tuvieron esos cultivos

PROVINCIA DE SEVILLA

Ejemplo 1:

Término municipal: Puebla del Río
Cultivo: Arroz
Código catastral: 41079
Código INE: 41079

Estadísticas según el mapa de cultivos y aprovechamientos de la CAP

- Superficie total del término: 37.643 Ha
- Superficie cultivada: 56 %
- Grupos de cultivo según el mapa: Arroz, Herbáceos de secano, Herbáceos de regadío, Olivar de secano, Olivar de regadío, Cítricos, Invernaderos
- Porcentaje de ocupación del Arroz respecto del total cultivado: 75%

Resultados mediante Teledetección

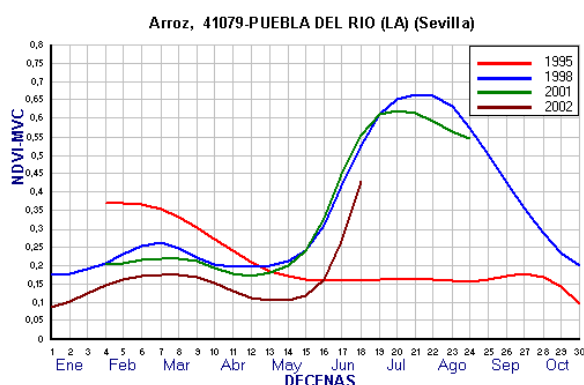


Figura 8

La Figura 8 reúne las curvas de evolución del índice de vegetación del Arroz para el término municipal de *La Puebla del Río* durante el periodo Enero-October de los años 1995, 1998, 2001 y 2002.

El arroz es posiblemente el cultivo que presenta un patrón de desarrollo más característico de todos los grupos de cultivo analizados en este proyecto. Dos son las causas fundamentales: las particulares prácticas agrícolas a las que está sometido y su localización geográfica, restringida a zonas muy determinadas.

El arroz se siembra con el terreno inundado y cuando la temperatura mínima no baja de 10°-13°C. Esto significa que las labores de siembra se desarrollan alrededor de mayo (primera quincena de junio si es tardía). Si observamos las curvas, se verá que los valores de NDVI-MVC empiezan a crecer a partir de esas fechas.

Este año, la siembra se ha retrasado debido a las lluvias tardías de primavera y este hecho ha quedado reflejado en la curva del año en curso (color marrón) con unos valores de NDVI-MVC notablemente inferiores a los de otros años. En la actualidad, la curva muestra un rápido incremento que responde a la aceleración en el crecimiento del arroz, que en breve alcanzará valores parecidos a los de los años 1998 y 2001.

La práctica de la seca también se refleja en las curvas. Consiste en cortar la entrada de agua y dejar que el suelo se deseque en mayor o menor grado, lo que se realiza desde finales del ahijado hasta el comienzo de la formación de la panícula, a finales de junio y julio. Con esto se limita el encame, se prepara la fructificación y se limita el desarrollo de las algas. La seca está claramente marcada en las curvas desde finales de julio, fecha en la que suelen alcanzar su máximo y a partir de donde el cultivo entra en un descenso continuado del vigor vegetativo.

Ejemplo 2:

Término municipal: Alcalá del Río
 Cultivo: Herbáceos de regadío
 Código catastral: 41005
 Código INE: 41005

Estadísticas según el mapa de cultivos y aprovechamientos de la CAP

- Superficie total del término: 8.288 Ha
- Superficie cultivada: 81 %
- Grupos de cultivo según el mapa: Herbáceos de secano, Herbáceos de regadío, Olivar de secano, Olivar de regadío, Cítricos, Frutal de secano, Frutal de regadío.
- Porcentaje de ocupación del Arroz respecto del total cultivado: 78 %

Resultados mediante Teledetección

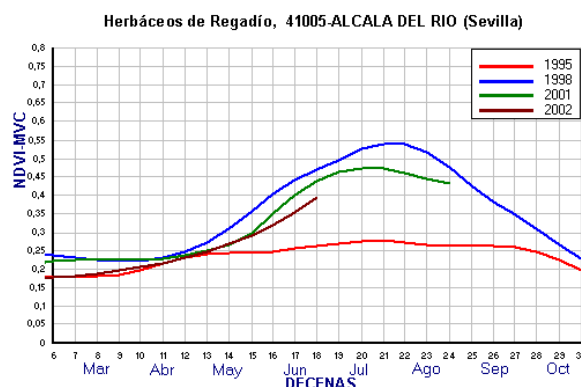


Figura 9

La Figura 9 agrupa las curvas de evolución del índice de vegetación de los

Herbáceos de regadío para el término municipal de *Alcalá del Río* durante el periodo Marzo-Octubre de los años 1995, 1998, 2001 y 2002.

En base a consultas realizadas a la base de datos del SIIA se ha podido determinar que el algodón es el principal cultivo de regadío del término. Probablemente las curvas deben sus “formas” a este cultivo. Cuando se obtengan los mapas anuales de cultivos podrán verificarse muchos supuestos y obtener relaciones y conclusiones con el mapa de cultivos y aprovechamientos de la CAP.

La siembra del algodón se realiza en primavera, cuando el terreno alcanza una temperatura de 14°C a 16°C. Con mucha frecuencia se utilizan acolchados de plástico para proteger la nascencia de las plantas. Esta particularidad va a permitir que a través del uso de otros sensores con mejor resolución espacial se puedan identificar y verificar las zonas algodoneras que realicen esta práctica agrícola.

Las curvas de la Figura 9 para los herbáceos de regadío exhiben un patrón de crecimiento/decrecimiento análogo a los herbáceos de secano, con la diferencia de que están desplazadas hacia otro intervalo temporal y alcanzan sus máximos en fechas en donde lo único que prevalece en el campo con alta actividad fotosintética son, precisamente, los cultivos en regadío.

La curva del año en curso muestra hasta la fecha una pendiente positiva y un trazo con características análogas a los años 1998 y 2001. De nuevo, recalcar que el año 1995 fue un año desastroso y la curva resultante es casi plana respecto del NDVI-MVC.

EVOLUCIÓN GENERAL DE LA VEGETACIÓN EN ANDALUCÍA

En la siguiente página se muestran una serie de imágenes (Enero a Junio del 2002) que representan la evolución del índice de vegetación para Andalucía. La gradación de colores constituye el estado de vigor vegetativo de las plantas, siendo sus grados extremos el rojo (actividad mínima o nula) y el verde (actividad media-alta).

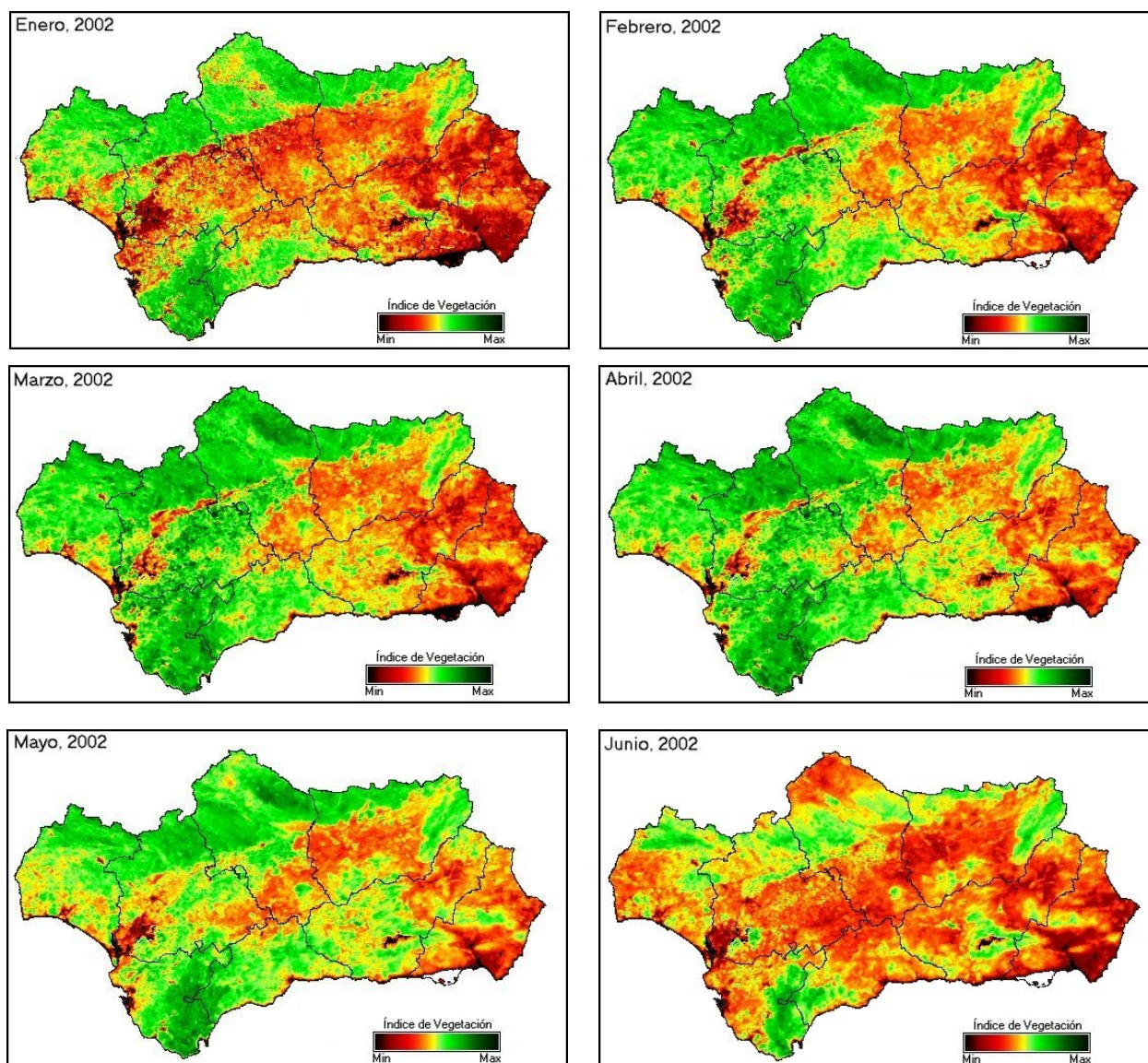


Figura 10: Mapas de la evolución del índice de vegetación de Andalucía a lo largo del año 2002