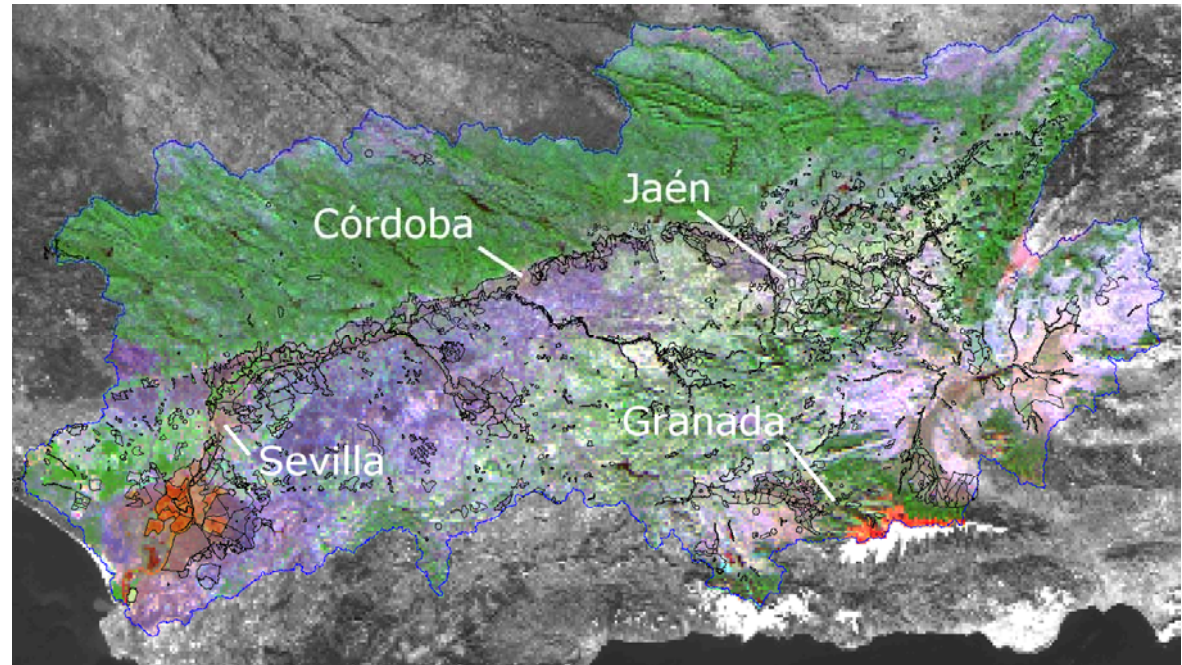


# Representación espacial, modelización y predicciones de periodos de sequía con la teledetección

En los últimos años en Andalucía, severos ‘periodos’ de sequía han ocurrido dando como resultado escasez de agua, daños medioambientales y perdidos de producción agrícola. Además, la disminución del nivel de los embalses amenaza el abastecimiento del agua para el uso domestico y para la agricultura de regadío. Las autoridades responsables de la gestión de los recursos en agua tienen el desafío de equilibrar la demanda y la oferta de agua implicando la necesidad de entender y cuantificar la demanda, el abastecimiento y el consumo en agua en la cuenca. La combinación de la teledetección y la modelización hidrológica ofrece oportunidades de mejor entender el balance hídrico en zonas largas de vegetación natural como zonas húmedas, bosques, agricultura sin o de regadío. Además, a partir de estos modelos hidrológicos calibrados con datos de teledetección, se puede analizar diferentes escenarios de reparto del agua y predecir eventos de sequía y sus impactos.

En la metodología que se utiliza para analizar la sequía, se pueden identificar cinco etapas:

1. Mapear las anomalías de sequía
2. Mapear los déficits
3. Mapear el balance hidrológico
4. Responder operacionalmente a la sequía
5. Prepararse de manera estratégica a la sequía



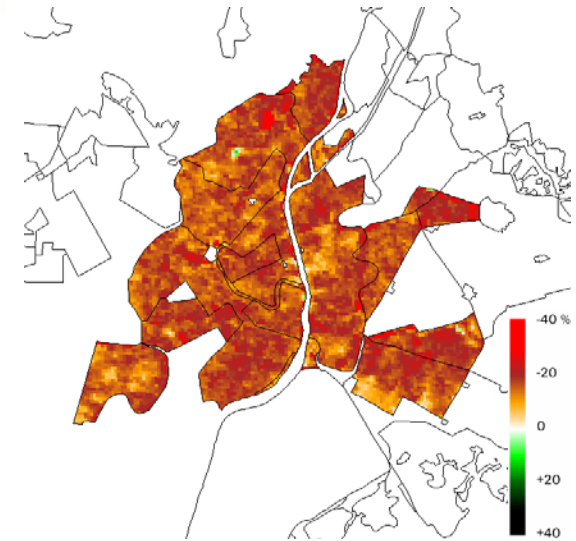
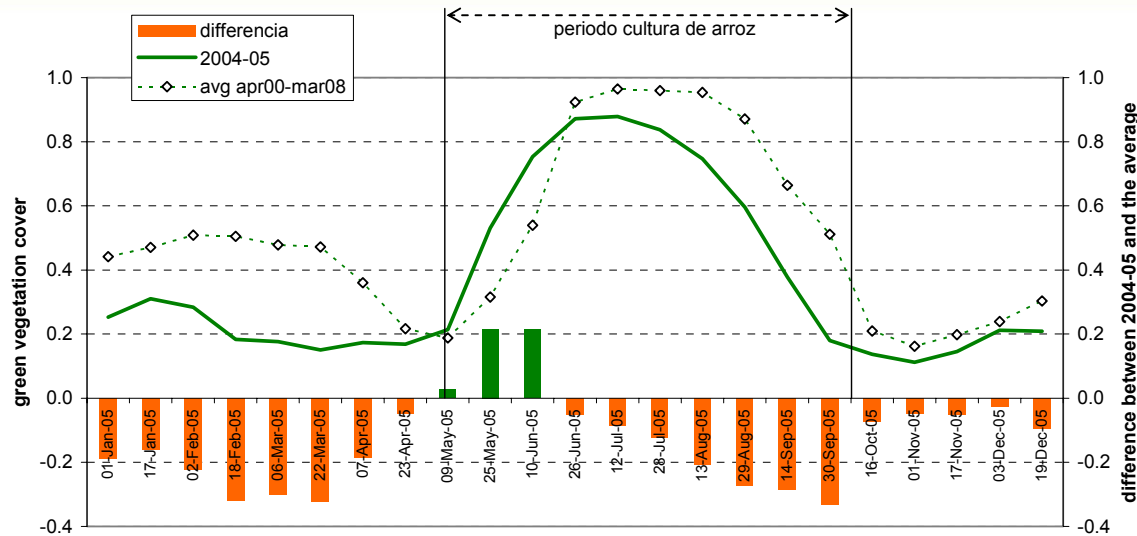
*La Cuenca del Guadalquivir como se ve en los imágenes del satélite MODIS. Las líneas azules indican las fronteras de la cuenca. Las zonas de regadío están en negro.*

## Mapear las anomalías de sequía

Varios productos de teledetección dan informaciones espaciales que pueden ser interpretados en indicadores de sequía. Por ejemplo, el índice de vegetación (NDVI), la humedad del suelo, la temperatura de la superficie y la cobertura de nubes. Normalmente, los archivos de estos productos son disponibles permitiendo hacer medias sobre un largo periodo de tiempo. Haciendo la comparación entre la media de un indicador durante

un periodo largo y los valores de este indicador en un momento dado, se pueden calcular desviaciones.

# Representación espacial, modelización y predicciones de periodos de sequía con la teledetección



Un ejemplo de seguimiento de las anomalías de sequía. Se muestra aquí el perfil temporal del índice de vegetación en arrozales en 2005 en comparación con la media calculada de 1998 hasta 2008. En el principio de Mayo, el arroz empieza a germinar. Las diferentes etapas vegetativas son de Junio hasta Julio, mientras que la maduración pasa en Agosto. La cosecha del arroz es en Septiembre. En ese gráfico, se puede ver que en 2005 el desarrollo del arroz es mejor que el de la media calculada por los años 1998 hasta 2008. Sin embargo, durante la fase vegetativa, parece que falta agua ya que se ve que el índice de vegetación esta por debajo de la media, lo que indica que las plantas son más pequeñas y menos desarrolladas.

En la figura arriba se muestran un ejemplo de desviaciones del índice de vegetación en arrozales. Cartografiar las desviaciones es relativamente simple y fácil de entender. Sin embargo, no da información cuantitativa sobre la escasez de agua o la reducción de rendimiento.

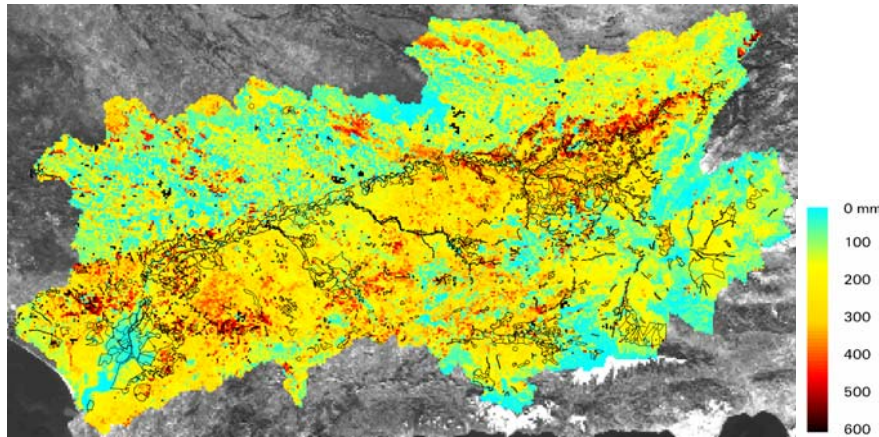
## Mapear los déficits

Con el modelo SEBAL y imágenes satélite, es posible calcular espacialmente la evapotranspiración real y potencial ( $ET_{real}$  and  $ET_{potencial}$ ). La evapotranspiración potencial corresponde al consumo máximo de agua bajo el abastecimiento óptimo de agua. Si el abastecimiento

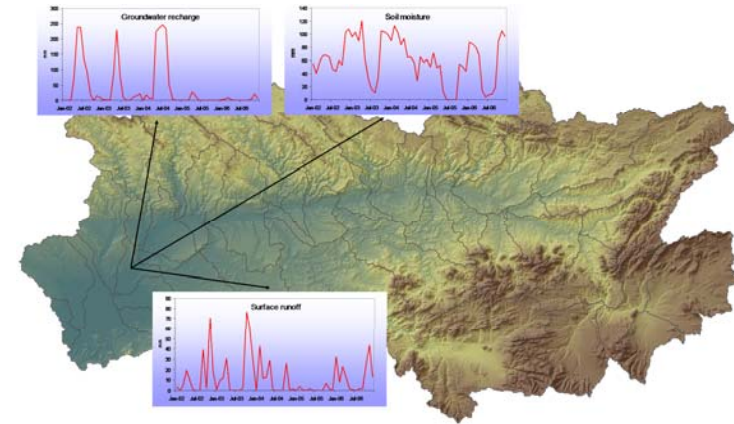
esta limitado,  $ET_{real}$  será menos que  $ET_{potencial}$ . La diferencia entre ( $ET_{potencial} - ET_{real}$ ) es un indicador cuantitativo que indica el estrés hídrico y las condiciones de sequía. En la próxima página se encuentra un ejemplo de un mapa del déficit anual de evapotranspiración para el año hidrológico 2004-2005. De la misma manera se puede derivar espacialmente la producción de biomasa real y potencial. La producción de biomasa en kilogramo por hectárea corresponde a la parte verde aérea de los

cultivos o de la vegetación natural. De hecho, es un indicador cuantitativo que traduce el impacto de la sequía en los cultivos.

# Representación espacial, modelización y predicciones de periodos de sequía con la teledetección



Mapa del déficit de evapotranspiración ( $ET_{potencial} - ET_{real}$ ) por el año hidrológico seco 2004-2005. Las zonas de bosque en el norte del Guadalquivir tienen el déficit más bajo. Al contrario, las zonas de agricultura sin riego al Sudeste y Oeste de Sevilla así que el olivar a los alrededores de Jaén tienen el déficit más importante.



Resumen de los resultados que ofrece un modelo hidrológico. Ese modelo hipotético indica que reducir la evaporación improductiva del suelo (perdidos no beneficios) se puede hacer sin reducir la transpiración (productiva) de los cultivos, también en un año seco.

## Mapear el balance hidrológico

En general, se hace el vínculo entre sequía y escasez de precipitación. Sin embargo, sería mucho mejor tomar en cuenta todos los términos del balance hídrico para realmente entender la sequía. La teledetección permite localizar, con un detalle espacial importante, donde hay escasez de agua. Se puede prolongar ese análisis utilizando modelos hidrológicos capaces de examinar los impactos potenciales por el agua del suelo, el agua subterránea, la transpiración de los cultivos y la evaporación del suelo.

## Responder operacionalmente a la sequía

La respuesta operacional a la sequía debería ir más adelante que la gestión del agua en los embalses. Puntos que deberían también ser considerados son: la dotación del agua a cultivos más productivos, la reducción de la evaporación innecesaria de los suelos, permisos para la extracción de agua subterránea basados en los ratios de la recarga, reducir la transpiración de vegetaciones improductivos.

Los modelos hidrológicos permiten explorar de qué manera se puede gestionar la sequía. Los

responsables de la gestión del agua podrían utilizar esos modelos en tiempo real para analizar las diferentes opciones y ver cual es la que presenta las mejores adaptaciones en caso de sequía.

Idealmente, un sistema integral de respuesta a la sequía debería pasar por: (i) mapear la sequía con la teledetección, (ii) explicar la sequía mapeando el balance hidrológico, (iii) explorar las diferentes opciones para responder de la manera más adecuada.

# Representación espacial, modelización y predicciones de periodos de sequía con la teledetección

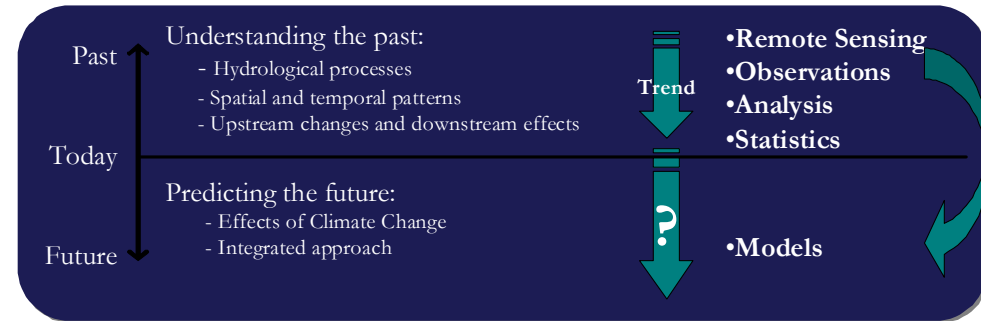
## Prepararse de manera estratégica a la sequía

Prepararse de manera estratégica a la sequía es algo diferente de responder de manera operacional a un evento de sequía. El primero pide inversiones importantes, una planeación espacial, un conocimiento de las características de los cultivos y de los mercados económicos.

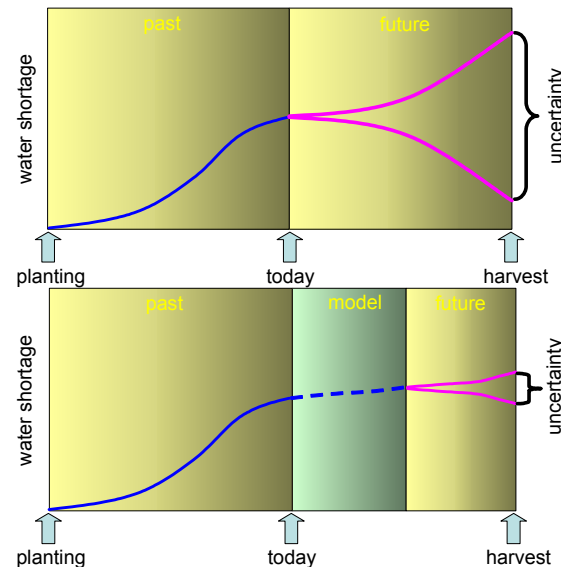
La causa principal de prolongados eventos de sequía es el cambio climático. En España, se predice que las temperaturas van a incrementar y se van a sufrir cada vez más episodios prolongados de sequía en los próximos decenios.

Los modelos hidrológicos que se focalizan en el ciclo entero del agua y no solamente en el agua de superficie han mostrado ser muy útiles para la toma de decisiones. No van a dar la respuesta final pero pueden demostrar el impacto de algunas decisiones de gestión a largo plazo sobre la situación hidrológica, agrícola y económica en la cuenca.

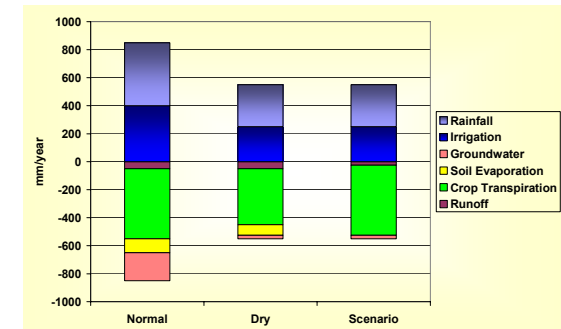
FutureWater y WaterWatch ya han aplicado esa metodología desde años y han apoyado a responsables de muchos países en la toma de decisiones y en el desarrollo de planos estratégicos de preparación a la sequía.



*Prepararse a la sequía debe ser basado en la combinación del conocimiento del pasado y del análisis de futuros escenarios. Es posible obtener esas opciones sostenibles combinando la teledetección con modelos hidrológicos.*



*Responder a la sequía no se hace sin muchas incertidumbres. El uso de un modelo hidrológico para apoyar la toma de decisión permite de reducirla.*



*Resumen de los resultados que ofrece un modelo hidrológico. Ese modelo hipotético indica que reducir la evaporación improductiva del suelo (perdidos no beneficios) se puede hacer sin reducir la transpiración (productiva) de los cultivos, también en un año seco.*

Más informaciones se pueden encontrar en la pagina del proyecto :

[www.futurewater.nl/esawat](http://www.futurewater.nl/esawat)



**WaterWatch**  
Generaal Foulkesweg 28  
6703 BS Wageningen  
The Netherlands  
+31 317 423 602  
www.waterwatch.nl  
info@waterwatch.nl

T  
I  
E

**FutureWater**  
Costerweg 1G  
6702 AA Wageningen  
The Netherlands  
+31 0317 460 050  
www.futurewater.nl  
info@futurewater.nl

