# HUMID

# Monitorització de la sequera com a eina de gestió de l'aigua. Projecte HUMID.

Pere Quintana (OE-URL), M.J. Escorihuela (isardSAT), A. Barella (OE-URL), Jacopo Dari (OE-URL, U. Perugia).

Jornada LIFE CLINOMICS (Gandesa)

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES

# Hidrología física y cambio climático en el OE

- Desde 2008.
- Responde a la tradicional experiencia en meteorología y clima del observatorio y a una necesidad del territorio.

**Agua y clima**

- El agua es una temàtica de gran relevancia social en Terres de l'Ebre y el Mediterráneo en general.
- La zona Mediterránea es
  - un *hot-spot* del cambio climático.
  - una zona de transición entre climas desérticos y climas húmedos.
  - → grandes impactos hidrológicos.
- Vamos hacia un escenario de menor recurso e igual o mayor demanda → mayor conflictividad.

**Objetivos**

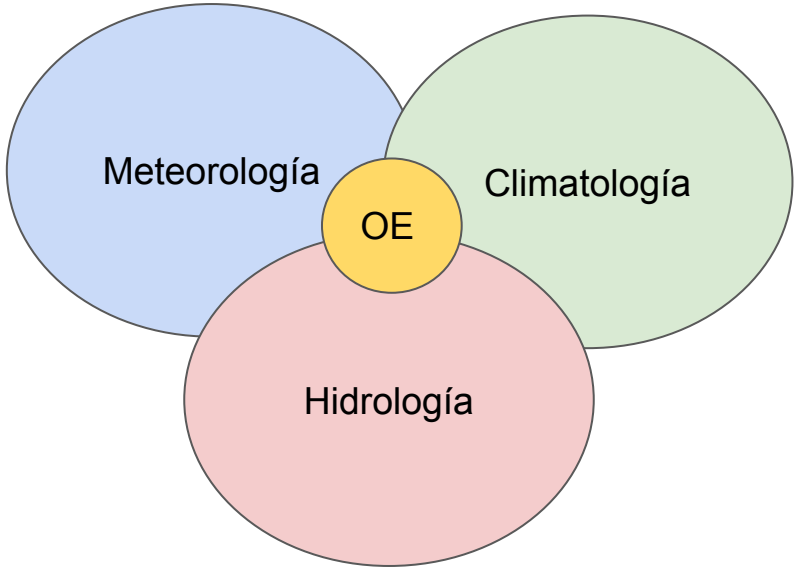
- Comprender y cuantificar mejor
  - el ciclo del agua continental (a escala de cuenca).
  - extremos: sequías e inundaciones.
  - recursos hídricos.
  - Impactos del cambio climático.
- Desarrollo de herramientas de modelización.

**Recursos**

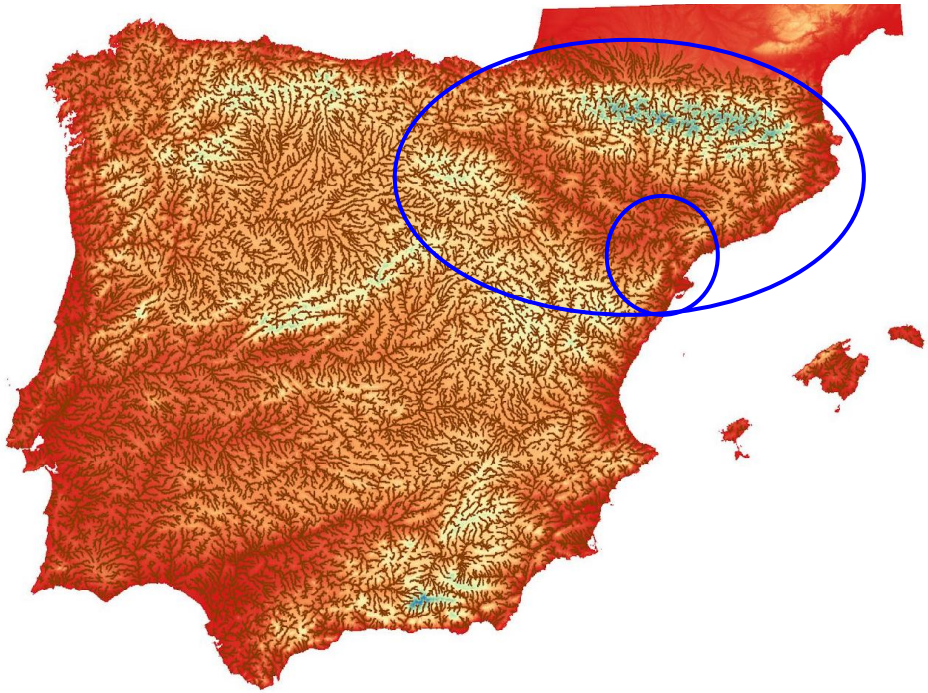
- 1 personal fijo.
- 1 post-doc
- 1 estudiante de doctorado FPI (próximamente).
- 2 estudiantes de doctorado en cotutela.
- Colaboraciones con terceros.

# Nuestra aproximación al problema

- Estamos en la confluencia de tres disciplinas científicas.




- Escala espacial es ibérica, haciendo especial énfasis en la cuenca del Ebro.
- Nuestra resolución espacial es de 1 km como máximo.
- Escala temporal larga (décadas).
- Resolución temporal es diaria.



# De què parlem quan parlem de sequera?

# ¿De qué hablamos cuando hablamos de sequía?

"La sequía es un fenómeno complejo"

- Así empiezan la mayoría de artículos científicos e informes sobre la sequía.

Según la wikipedia en inglés (el consenso cultural):

*Una sequía es un **período de precipitación por debajo del promedio en una región dada**, lo que resulta en una **escasez** prolongada en el suministro de agua, ya sea **atmosférica**, **superficial** o **subterránea**.*

*Una sequía puede durar **meses o años**, o puede declararse después de **tan solo 15 días**.*

*Puede tener un i**mpacto sustancial en el ecosistema** y la **agricultura** de la región afectada  y **dañar a la economía local**.*

Variabilidad natural de la precipitación.

Escasez
Falta de recurso para afrontar una demanda.

Confusión habitual entre sequía y escasez

Se propaga a caudales y aguas subterráneas.

Escalas temporales muy diversas, pero en general, largas.

Impactos.

Definiciones generales vs sectoriales.

# ¿De qué hablamos cuando hablamos de sequía?

Las **estaciones secas anuales** en los trópicos aumentan significativamente las posibilidades de que se desarrolle una sequía y subsecuentemente **incendios** de matorrales.

Los períodos de **calor** pueden empeorar significativamente las condiciones de sequía acelerando la **evapotranspiración**.

Muchas especies de plantas, como las de la familia Cactaceae (o cactus), tienen adaptaciones de tolerancia a la sequía como la reducción del área foliar y las cutículas cerosas para mejorar su capacidad para tolerar la sequía. Algunos otros sobreviven períodos secos como semillas enterradas.

Confusión entre sequía y estación seca.

Clima seco vs sequía

Relacionada con otros riesgos naturales: incendios

La sequía no es solamente falta de lluvia, es exceso de temperatura -> evapotranspiración potencial.

Cambio climático.

Retroacción entre olas de calor y sequía.

Exposición y vulnerabilidad.

# Cómo la cuantificamos?

Anomalía negativa de una cantidad a lo largo de un período relativamente largo de tiempo.

**Sequía meteorológica**

- Precipitación baja.
- Evapotranspiración potencial alta.

**Sequía agronómica**

- Humedad del suelo baja.
- Estrés hídrico de la vegetación alto.

**Sequía hidrológica**

- Caudales bajos.
- Niveles bajos en embalses.
- Niveles piezométricos bajos.

**Cómo definimos que un nivel es bajo?**

- En función de la variabilidad de la variable.
  - Cuando llueve relativamente poco en Escocia hay sequía?
- En función de los impactos (sectorial).
  - Solamente hay sequía si algo importante se ve afectado negativamente.

**En qué período nos fijamos?**

- Una estación concreta?
- Últimos *n* meses?

**De qué manera hacemos un seguimiento de la situación?**

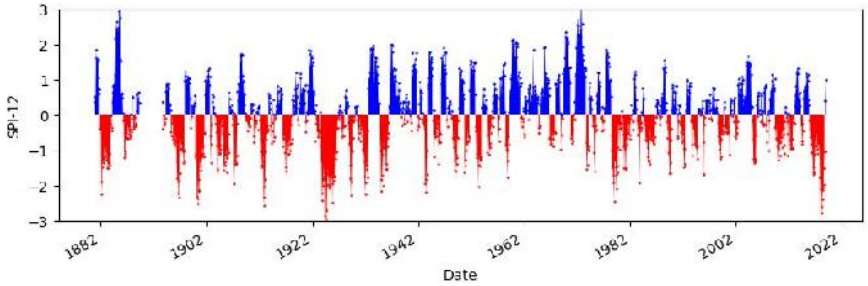
- Medidas in situ (p.e. nivel de embalse).
- Modelo (reanálisis)
- Teledetección (humedad del suelo, NDVI)
- Combinación de lo anterior.

**Sequía y escasez de agua.**

- Qué nos interesa realmente?
- Falta de oferta y exceso de demanda.
- La oferta también depende de la actividad humana.

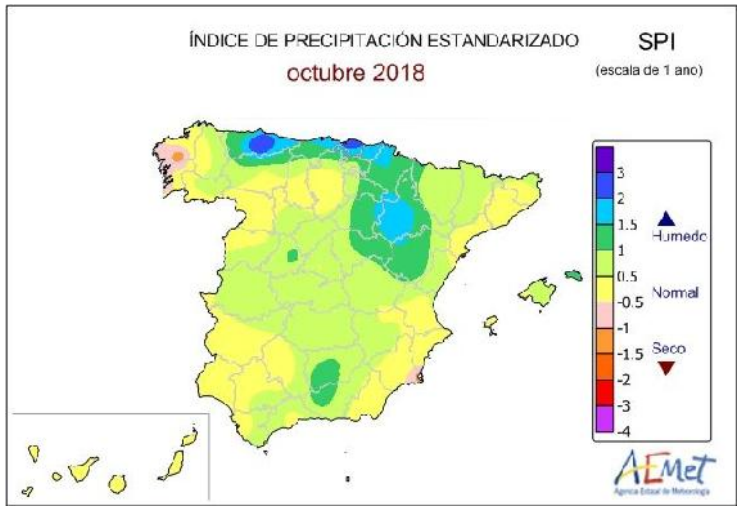
# Indicadores de sequía meteorológica

Indicador de sequera meteorològica SPI-12 (OE)




| escala (mesos) | precip (mm) | mitjana (mm) | ratio mitjana (%) | SPI | Qualificació |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 122.8 | 56.69 | 216.62 | 1.17 | moderadament humit |
| 3 | 419.6 | 199.81 | 210 | 1.67 | molt humit |
| 6 | 518.1 | 285.36 | 181.56 | 1.53 | molt humit |
| 12 | 681.6 | 527.55 | 129.2 | 1 | proper a la normal |
| 24 | 973.1 | 1054.72 | 92.26 | -0.35 | proper a la normal |

- SPI
  - Sequía como falta de precipitación a lo largo de un período de 1 o más meses.
  - Relativo a la propia variabilidad de la serie.
  - Normalizado: permite comparaciones entre zonas con climas distintos.
- SPEI
- PDSI
- etc.




SPI y SPEI se calculan sobre los últimos *n* meses, siendo *n: 1,3,6,12, …*

- Diferentes valores de *n* se correlacionan bien con diferentes impactos.

Estos indicadores no suelen tener en cuenta la distribución de la precipitación mensual!

# Ejemplo: cuenca del Ebro (PES 2018)

**Sequía prolongada**

Refleja la sequía natural

- Índices basados principalmente en aportaciones en puntos representativos del régimen natural y también en precipitaciones
- Escenarios: Sequía/No sequía

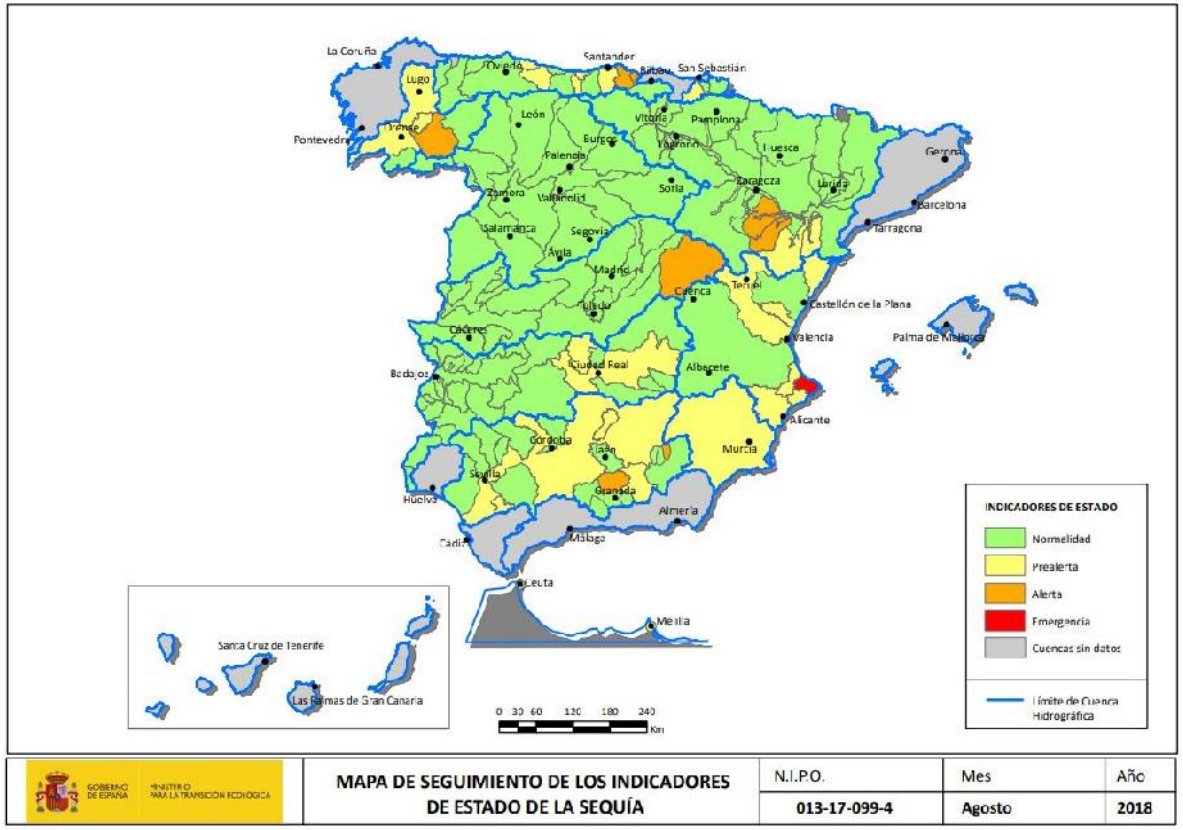
**Escasez**

Refleja la falta de capacidad coyuntural de atender las demandas.

- Índices basados principalmente en reservas embalsadas.
- También se utiliza nieve, niveles piezométricos, aportaciones.
- Escenarios: Normalidad, prealerta, alerta y emergencia

- Se distingue entre **sequía** (falta de oferta natural) y **escasez** (falta de capacidad de atender a la demanda).
- Se combinan índices de sequía meteorológica con índices de sequía hidrológica.
- Los indicadores son distintos en cada subcuenca.
- Basados en observaciones in-situ (aforos, pluviómetros, piezómetros, etc.).
- Orientado a los recursos hídricos, no se tiene en cuenta el estado de la vegetación o la humedad del suelo.

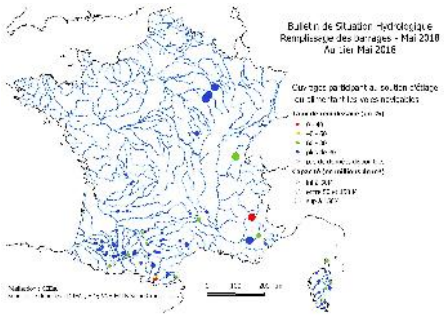
# Ejemplo: Indicadores de sequía del MITECO

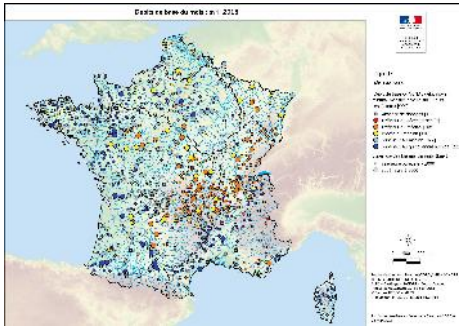


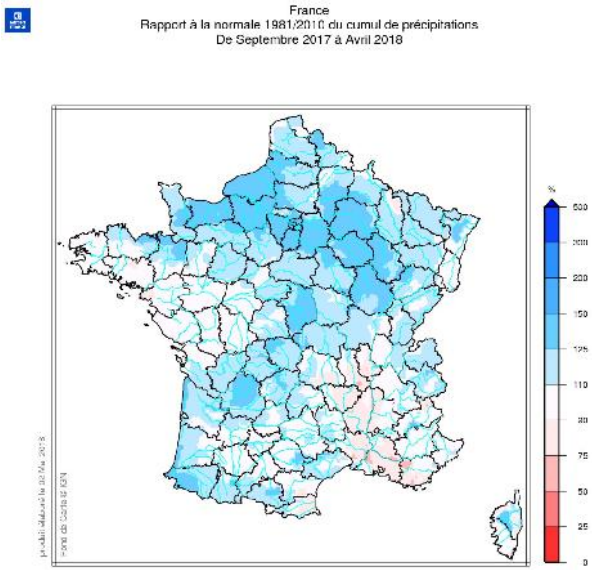

- Sequía hidrológica
- El Ministerio elabora mapas de sequía utilizando los indicadores de cada confederación.

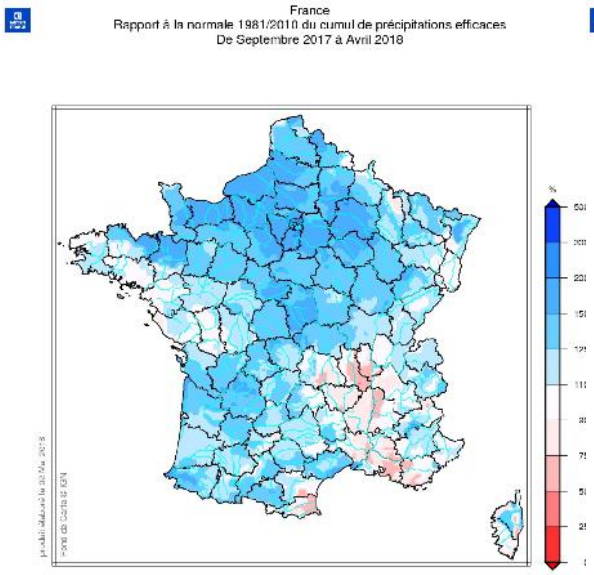
# Ejemplo: eaufrance

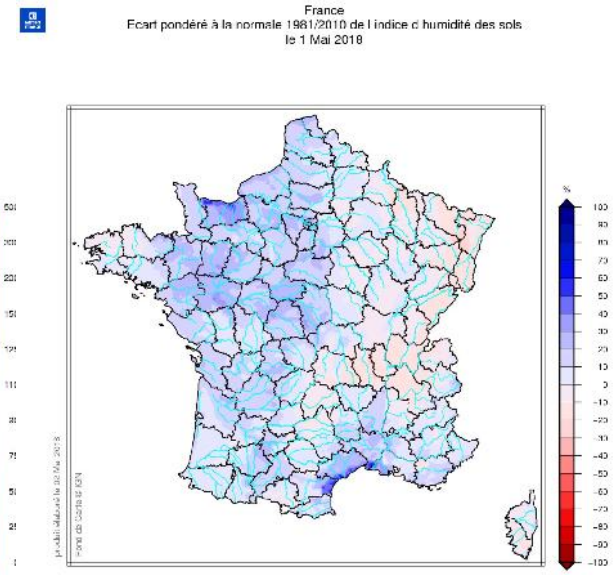
- Anomalía del cúmulo de precipitación mensual y del año hidrológico.
- Anomalía de la precipitación efectiva (P-ETR) [modelo]
- Anomalía del índice de humedad del suelo (SWI) [modelo].
- Niveles de embalses.
- Piezometría.
- Nieve en zonas montañosas [modelo].



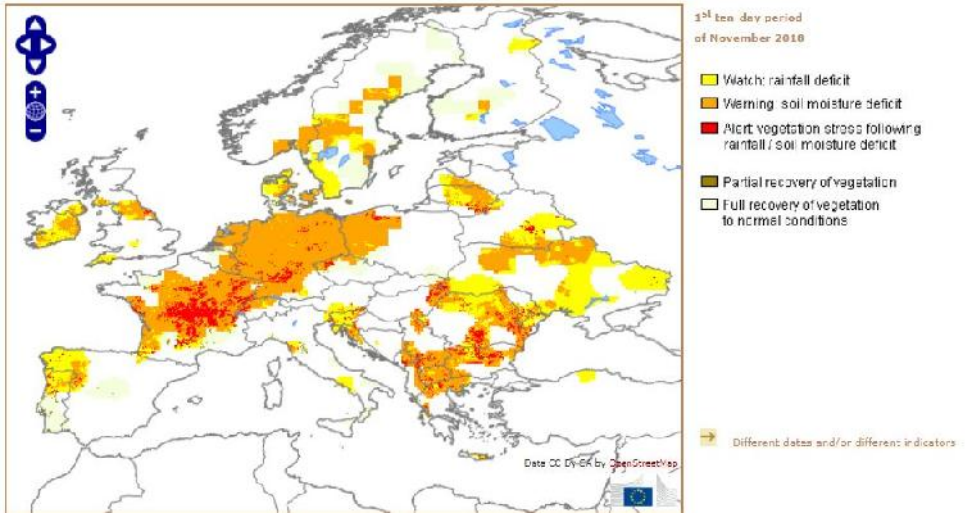





# Ejemplo: European Drought Observatory




**Portal de sequía de la Comisión Europea**

- Visión holística de la sequía.
- Uso de observaciones, modelo y satélite.
- Combinación de diferentes tipos de información.
- Visión dinámica (se actualiza cada 10 días)

- **Sequía meteorológica**
  - Standardized Precipitation Index (SPI-3)
  - Standardized Snowpack Index (SSPI)
- **Sequía agronómica**
  - Soil Moisture Anomaly (SMA)
  - Anomaly of Vegetation Condition (FAPAR Anomaly)
- **Sequía hidrológica**
  - Low-Flow Index (LFI)
- **Olas de calor**
  - Heat and Cold Wave Index (HCWI)
- **Combined Drought Indicator (CDI)**

# Indicadors de sequera

1. La sequera és complexa.
2. Hi ha moltes maneres de definir-la.
3. La definició que prenem ha d'estar en acord amb les nostres necessitats reals.

1. Comprenem la sequera?
2. Com en podem fer el seguiment?

# El projecte HUMID

# HUMID: Comprensión y modelización hidrológica de la sequía Ibérica

La **diagnosis de la sequía** es fundamental en nuestro país.

Actualmente, los organismos de cuenca disponen de un complejo sistema de indicadores que responde muy bien a sus necesidades concretas (satisfacción de las demandas hídricas).

Pero podemos abrir el foco y **ofrecer una visión complementaria y más ámplia de la sequía**.

Los *Land-surface* ***models*** *(LSMs)* ofrecen una visión completa y dinámica del sistema.

La **teledetección** nos ofrece información relevante a gran escala sobre variables relevantes, pero poco observadas hasta ahora.

*Podemos ofrecer información útil a los* stakeholders *combinando modelos y satélite a la vez que comprendemos mejor los procesos de sequía?*

# El proyecto HUMID: datos básicos

- **Título**: Comprensión y modelización hidrológica de la sequía Ibérica / Hydrological Understanding and modelling of Iberian Drought (HUMID).

- **Entidad financiadora:** Programa estatal de investigación, desarrollo e innovación orientada a los retos de la sociedad. Plan estatal de investigación científica y técnica y de innovación 2013-2016. Convocatoria 2017.

- **Presupuesto**: 111.078,00 EUR.

- **Duración del proyecto**: 3 años (2018 - 2020).

**Equipo científico**

- Pere Quintana Seguí (OE)
- Luis Garrote (UPM)

**Equipo de trabajo**

- Barella Ortiz, Anaïs (OE)
- Boone, Aaron (CNRS)
- Escorihuela, María José (isardSAT)
- Gao, Qi (isardSAT)
- Habets, Florence (CNRS)
- Polcher, Jan (CNRS)
- Solé, Germán (OE)
- Tramblay, Yves (IRD)
- Werner, Micha (UNESCO-IHE)

**Contratos**

- 1.5 años de post-doc.
- Beca FPI

# Objetivos principales

1. **Comprender mejor los procesos de sequía ibérica** mediante una **perspectiva sistémica** (teniendo en cuenta el ciclo del agua continental, desde la precipitación al caudal, pasando por la humedad del suelo) **y dinámica** (propagación de la sequía).

2. **Mejorar el modelo SASER** para que pueda tener en cuenta **procesos antrópicos**.

3. **Conocer los puntos fuertes y limitaciones de los LSM a la hora de estudiar la sequía.**

4. **Conocer mejor la utilidad de los datos de satélite para cuantificar la sequía**, haciendo énfasis en la humedad del suelo.

5. **Dar a conocer a los gestores las posibilidades que ofrece la combinación de productos de satélite y modelos de última generación para la planificación y gestión de la sequía**, atendiendo a sus necesidades específicas.

Componente científica y técnica

Componente aplicada

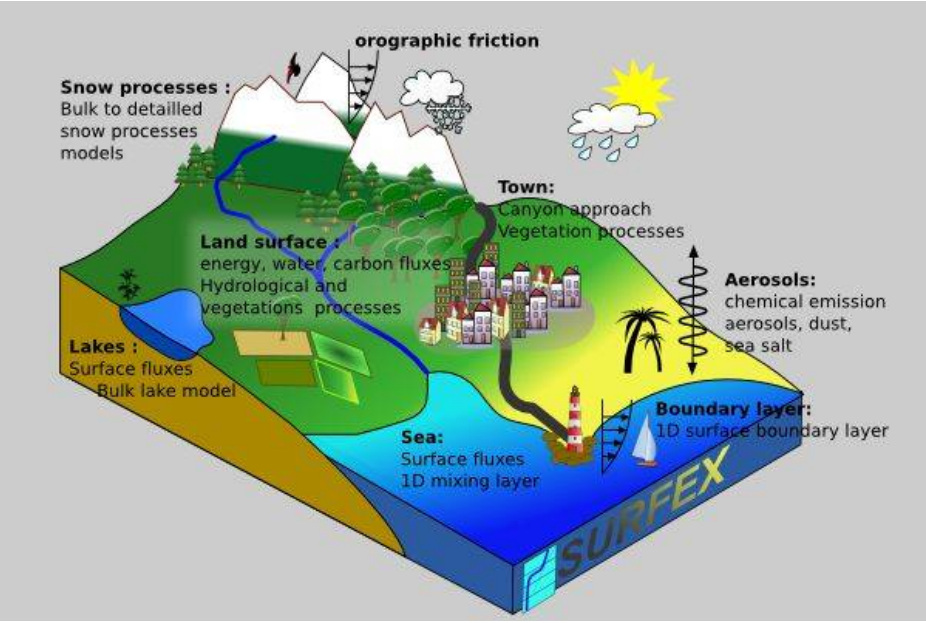
# Resultados esperados

- Mejora del modelo SASER.
  - Inclusión de embalses.
    - Reglas de gestión simples.
  - Mejora de otros procesos.
  - Simulaciones del ciclo hidrológico con y sin embalses.
- Mejoras metodológicas.
  - Mejor comprensión de la sequía y su propagación en un contexto Mediterráneo.
  - Reflexión sobre índices de sequía adecuados en la región Mediterránea.
  - Mejor comprensión de los impactos antrópicos sobre la sequía.
- Satélite
  - Evaluación del uso de datos de satélite (humedad del suelo) para el seguimiento de la sequía.
- Modelo y satélite
  - Uso combinado de los datos de teledetección y del modelo para una mejor cuantificación del ciclo hidrológico y la sequía.
- **Interacción con las partes interesadas.**
  - Aprender sobre las necesidades reales.
  - Orientar la metodología hacia las necesidades reales cubriendo las que que no están contempladas por los sistemas actuales.
  - **Propuesta de un futuro portal de información sobre la sequía en regiones Mediterráneas.**
    - Base para un siguiente proyecto más aplicado?

# Simulació del cicle de l’aigua continental

# La superficie continental

- ¡Es dónde vivimos!
- **Ciclo del agua continental**
  - Nos beneficia
    - Recursos hídricos.
    - Energía.
    - Servicios medioambientales.
    - Ocio (paisajes, deportes acuáticos, etc.)
  - Nos perjudica:
    - Inundaciones, sequías.
- Influye en numerosos procesos atmosféricos.
  - Capa límite atmosférica.
  - Flujos de energía.
  - Aerosoles.
  - ...

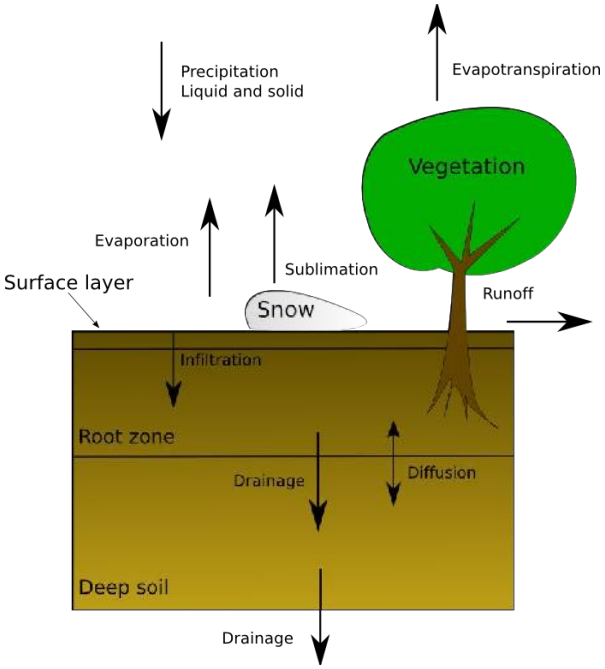



*The SURFEX land-surface modeling platform.*

- Los modelos meteorológicos y de clima deben simular correctamente los procesos en la superficie continental.
- Una correcta comprensión de los procesos hidrológicos es fundamental para la humanidad.

# *Modelos de superficie continental (LSM)*

- Diseñados para simular los intercambios de agua, energía y momento entre la atmósfera y la superficie continental.
- Todos los modelos meteorológicos y de clima incorporan un modelo de este tipo.
- Pero también se pueden utilizar por separado, a modo de modelo hidrológico.
- Son adecuados para la investigación: cambio climático, previsión estacional, reanálisis, asimilación de datos, etc.
- Son adecuados para la monitorización del ciclo hidrológico continental.




*Esquema simplificado del modelo ISBA.*

# SASER: la herramienta en desarrollo en el Observatorio del Ebro

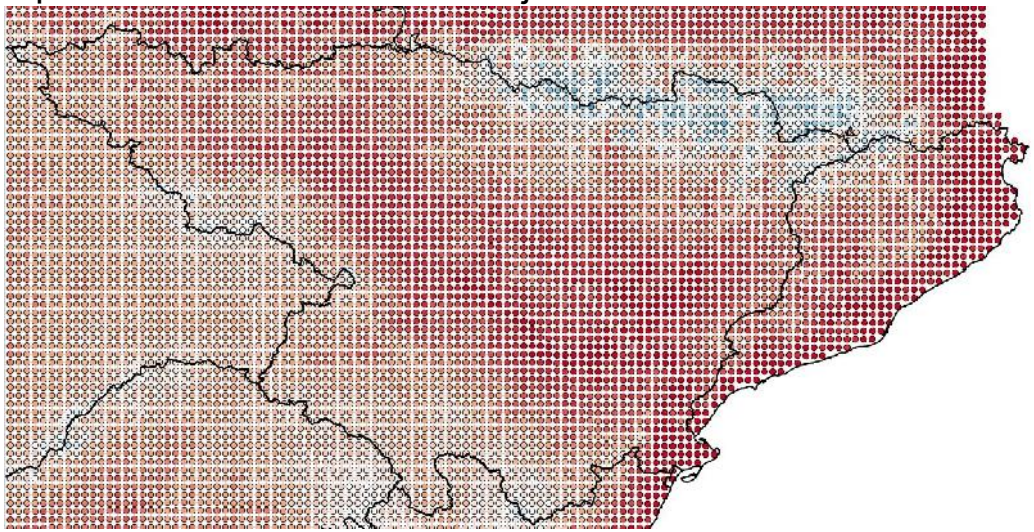
Forzamiento:

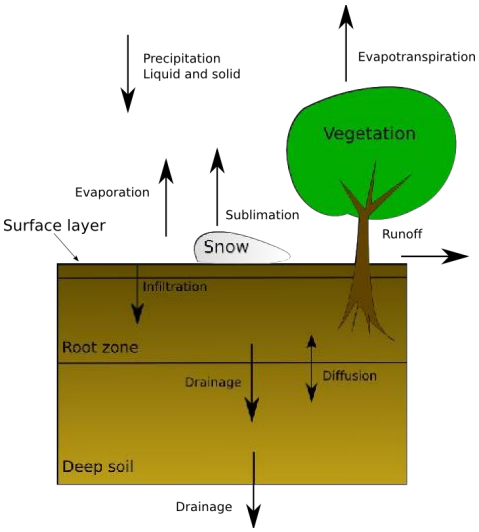
Datos meteo.
Modelo Clima

Aplicamos el modelo en una rejilla de 5 km de resolución

Balance hídrico

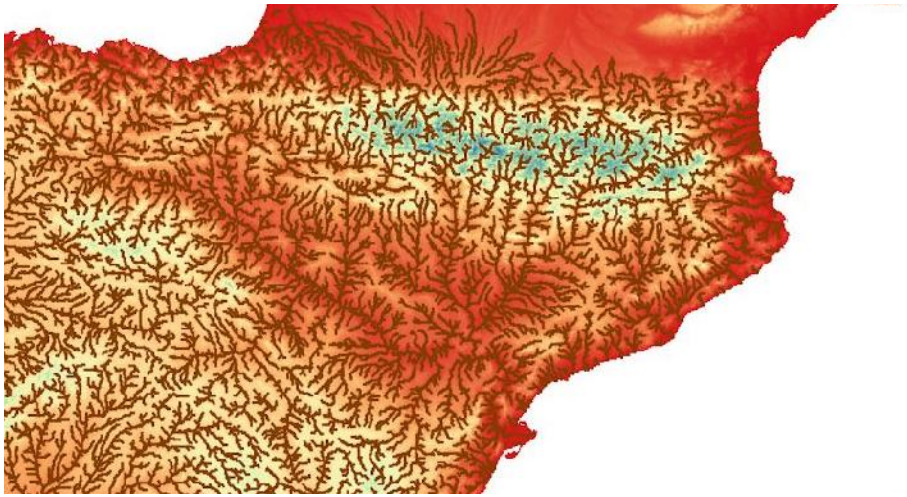
(modelo ISBA)






Caudal

(modelo RAPID)



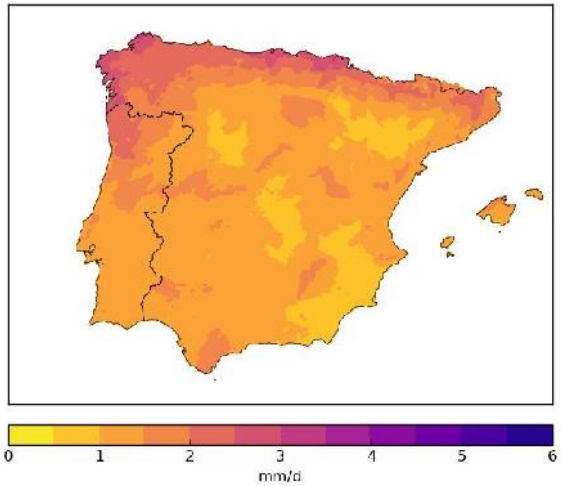
Balance hídrico:

- Evapotranspiración
- Escorrentía
- Drenaje

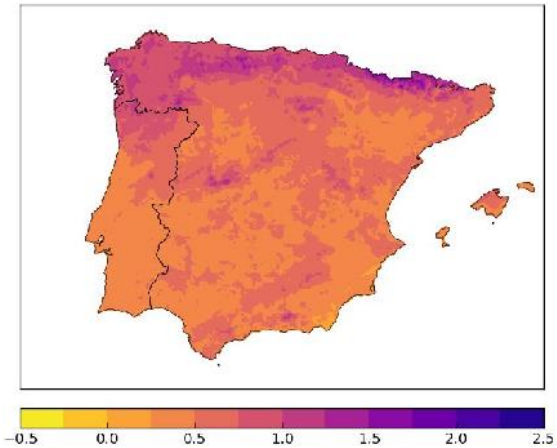
Evolución de la nieve.
Humedad del suelo.
...

# Simulaciones de los procesos en la superficie continental

Evapotranspiration

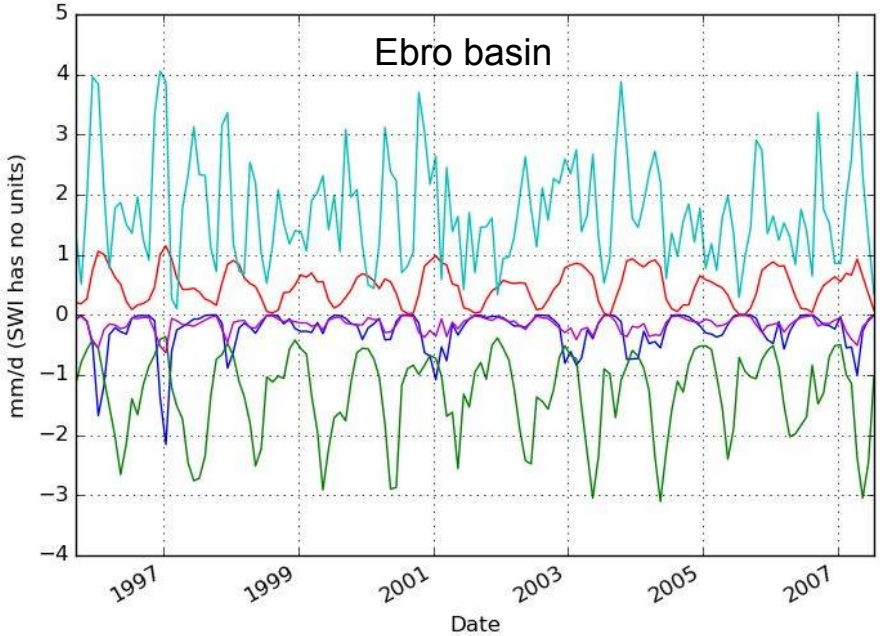



Índice de humedad del suelo (zona radicuclar)



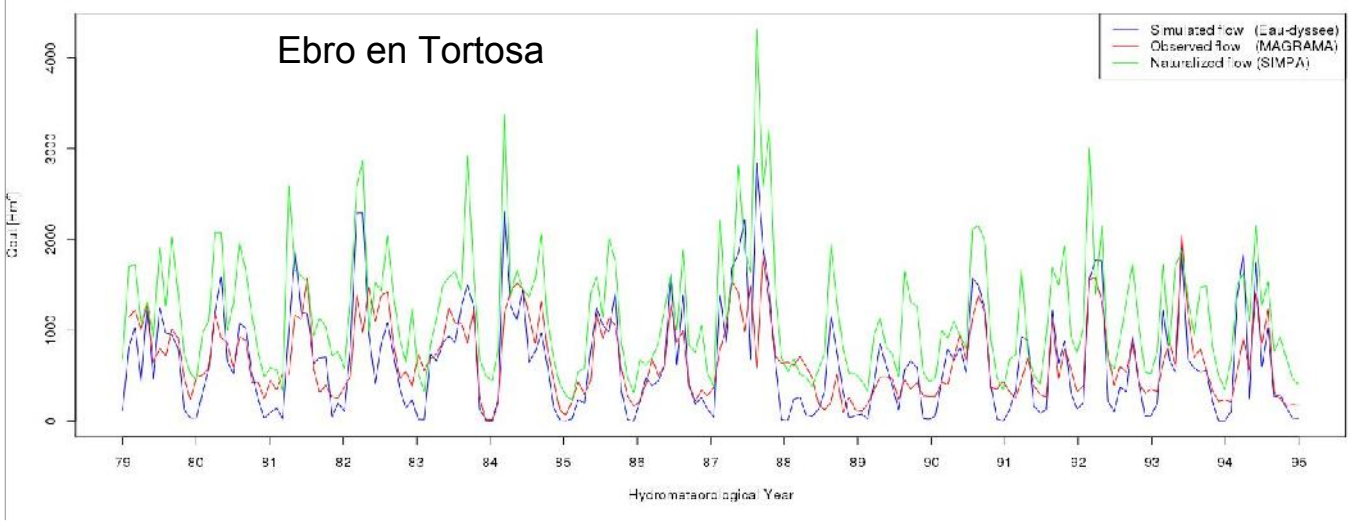

Balance hidrológico de la cuenca del Ebro

PRECIP EVAP DRAIN RUNOFF SWI



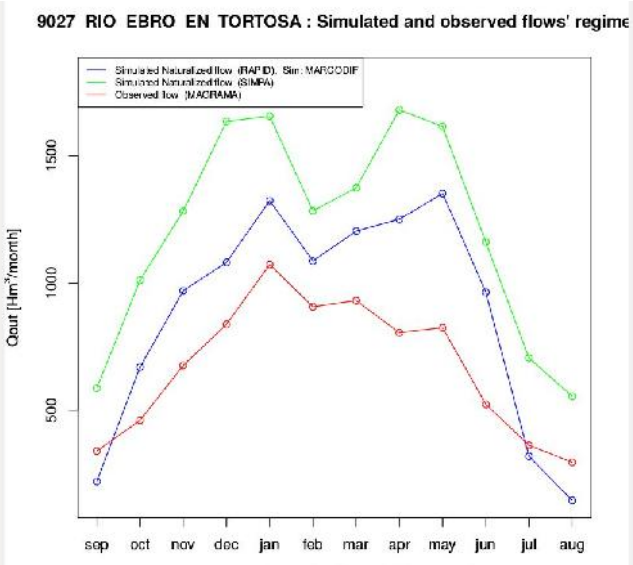

Con esta herramienta podemos hacer un seguimiento del balance hídrico en el pasado o en el futuro.

# Caudal




Utilizamos **Eau-dyssée** (CNRS, France) para convertir el drenaje y la escorrentía de SURFEX en caudal.

- **De momento no hemos aplicado calibraciones.**
  - Casi todos los parámetros dependen de la fisiografía.
  - Los pocos parámetros que se pueden calibrar utilizan valores por defecto.
- **Estado actual.**
  - Caudales naturales (sin embalses).
  - Tenemos menos agua que SIMPA (caudal naturalizado).
  - Los estiajes no son correctos.
- **Propuestas de mejora a corto plazo.**
  - Incremento de resolución a 2.5 km.
  - Mejora del estiaje mediante modelo conceptual (*linear reservoir)*.
  - Embalses (al menos en modo forzado).
- **Otros temas a mejorar**
  - Nieve.
  - Evapotranspiración en zonas semi-áridas.



# Estudi de la sequera amb el model

Amb aquest model podem fer el **seguiment** de la sequera **meteorològica**, **agronòmica** i **hidrològica**.

- Càlcul d'indicadors de sequera apropiats.
  - Precipitació, humitat del sòl, evapotranspiració, ...
- Evolució temporal de la sequera en un punt, conca o regió.
- Evolució del % de zona sota sequera d'una regió donada.
- ...

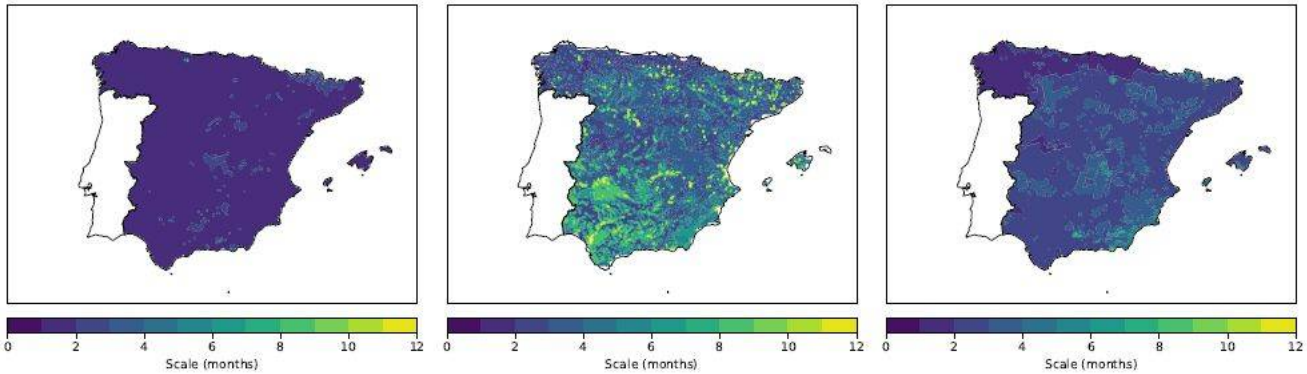
**Recerca sobre la sequera.**

**Incertesa en la humitat del sòl.**

- En haver-hi poques dades els models l'han avaluat poc.
- Hem vist que hi ha massa discrepància entre models.
- Incertesa en el valor absolut i en la dinàmica temporal.

**La teledetecció espacial ens pot ser de gran ajuda.**

Memòria de la humitat del sòl (en mesos) segons tres models diferents



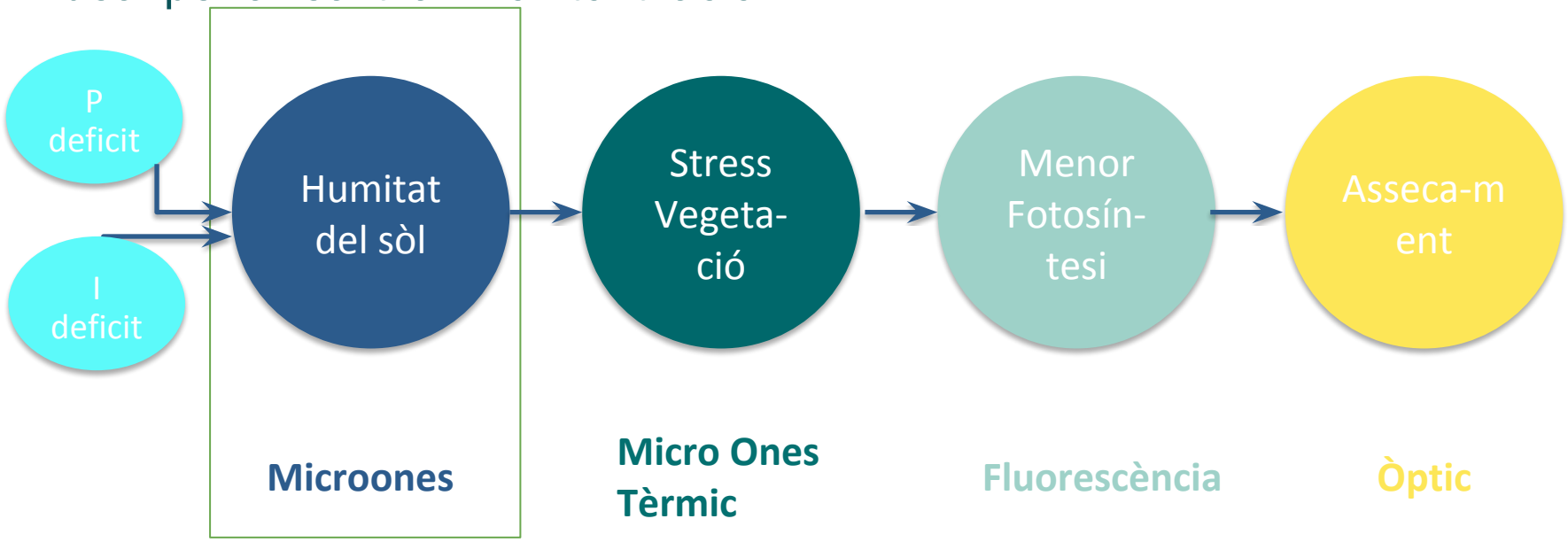

(a) SFR-DIF (b) SFR-LHD (c) SFR-3L

# Teledetecció de la humitat del sòl

# La teledetecció, el sòl i la vegetació.

**La teledetecció ens pot ajudar a monitoritzar la humitat del sòl i la vegetació.**

Ideal per a realitzar monitorització.

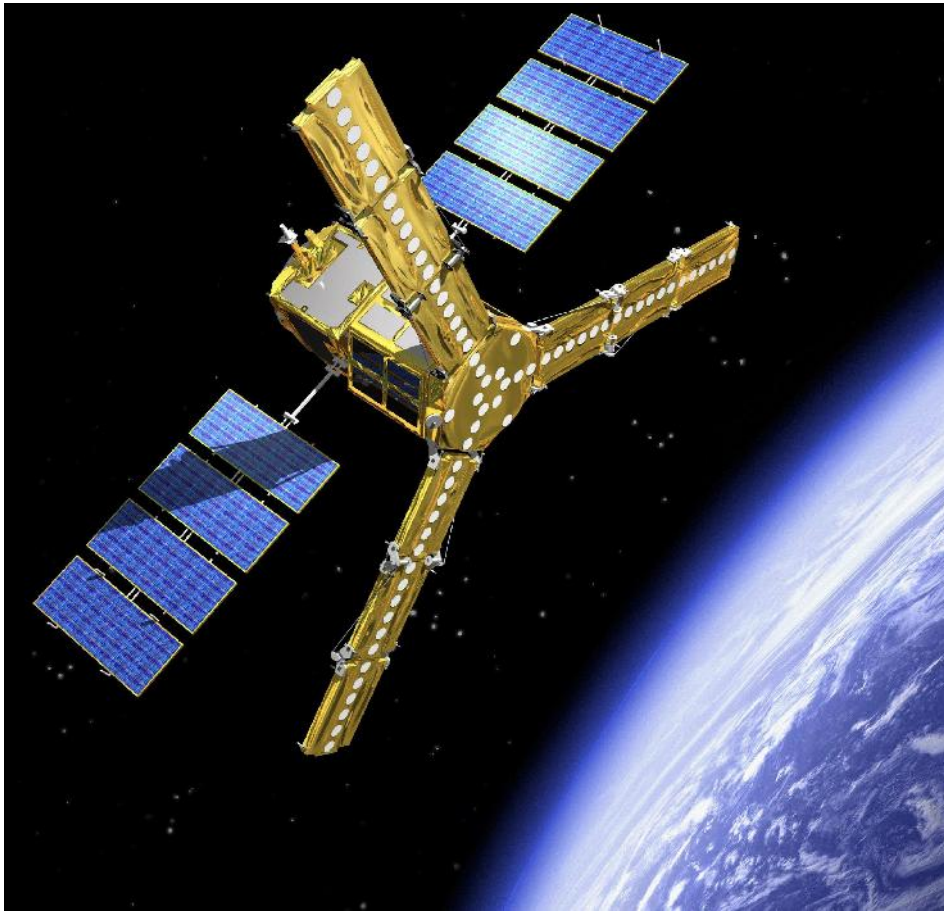


# La missió SMOS

## Primera missió que ofereix mapes globals d'humitat del sòl en banda-L (1.4 GHz radiometria de microones).

- Precisió: 0.04 m3m-3
- Resolució espacial d'entre 35 i 40 km
- Freqüència temporal de 2 to 3 dies
- Penetració: 0-5 cm.

Noves missions s'estan llançant.



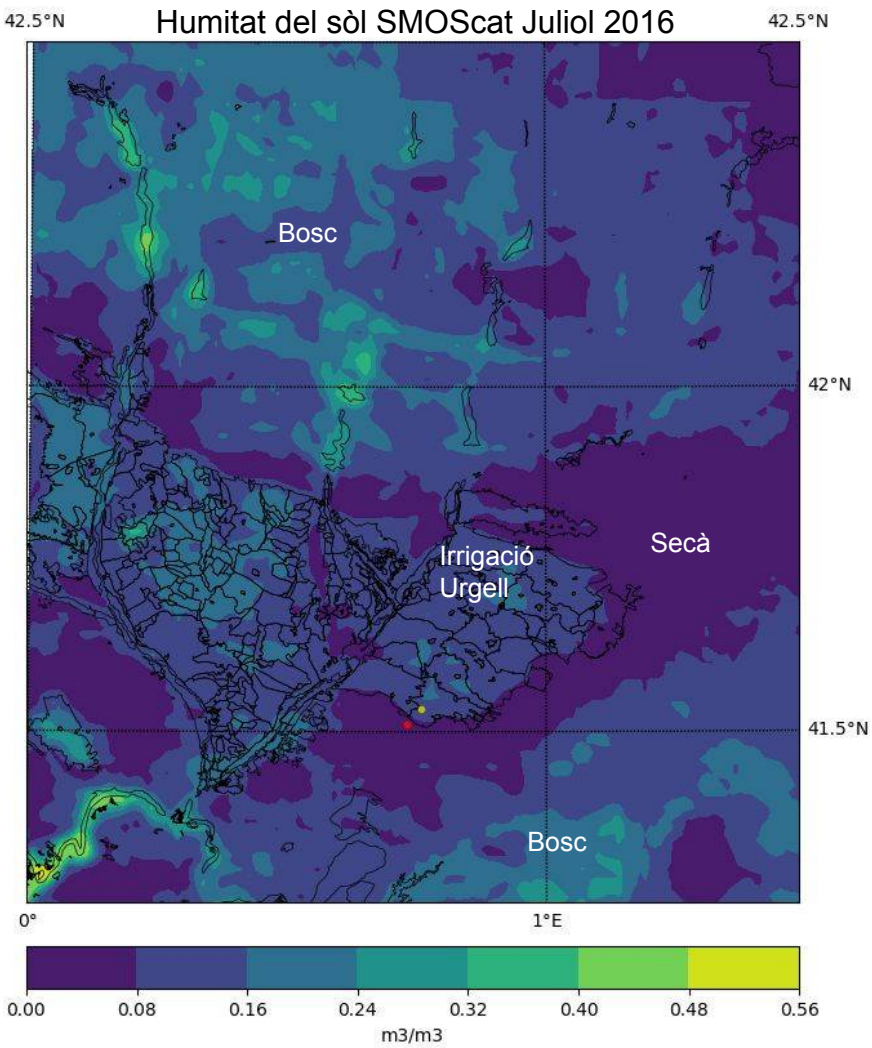
# Millora de la resolució

SMOS i SMAP ens donen imatges d'una resolució de 35-60 km.

- Això no és suficient per a l'agricultura.
- Però ho podem millorar combinant la informació amb d'altres satèl·lits.
  - Dades tèrmiques (MODIS LST).
  - Índexos de vegetació (MODIS NDVI).
- Podem arribar a fer mapes d'1 km!
  - Exemple: producte SMOScat d'isardSAT.

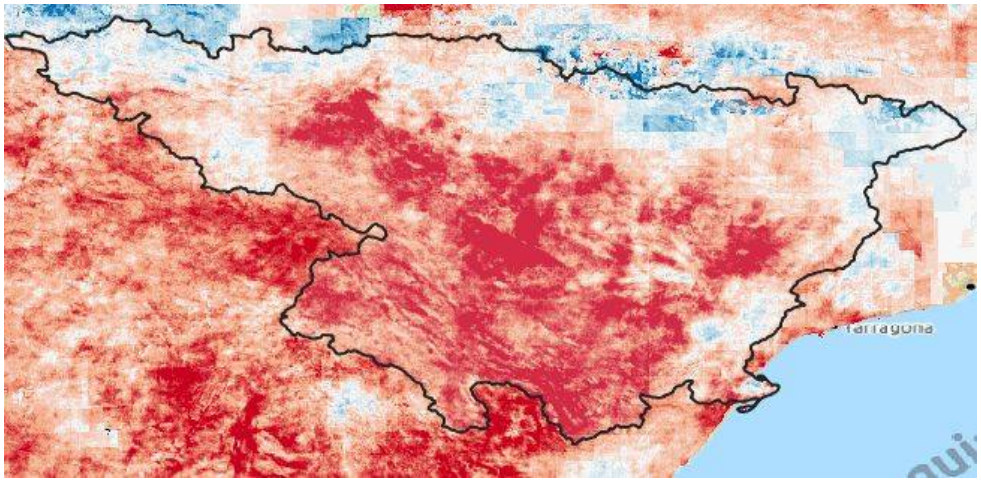
# Humitat del sòl obtinguda mitjançant satèl·lit

- Juliol 2016
  - Hauríem de tenir un fort contrast en la zona irrigada a l'Urgell i el secà que l'envolta.
- Es veuen ben delimitades les zones de:
  - Plana de secà.
  - Plana irrigada.
  - Bosc en zona de relleu.
  - Embassaments.
- A tenir en compte
  - Humitat del sòl superficial (0-5 cm).
  - En agricultura ens interessa més la humitat de la zona de les arrels.
  - A la Terra Alta veurem una signatura del regadiu? O quedarà dissolt en el senyal del secà i el bosc que l'envolta?

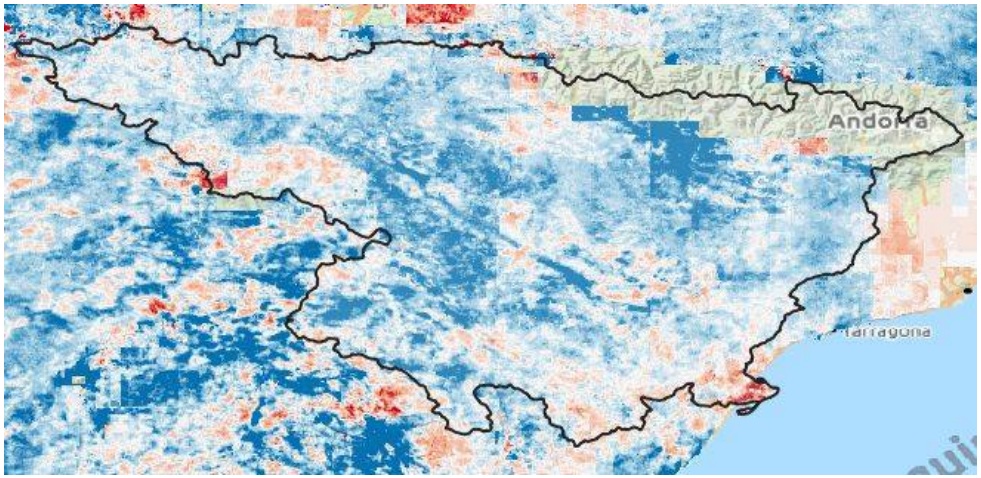


# Mapes d’anomalies d’humitat del sòl

Anomalia de la humitat del sòl (Novembre  2017)




Anomalia de la humitat del sòl (Abril 2018)




SMOScat (isardSAT) a 1 km

**Període de referència** de les anomalies: 2009-2018.

Comparem el mes en qüestió amb el mateix mes de tots els anys.

El mes d’abril el Pirineu apareix sense dades degut al relleu i l’angle de l’instrument.

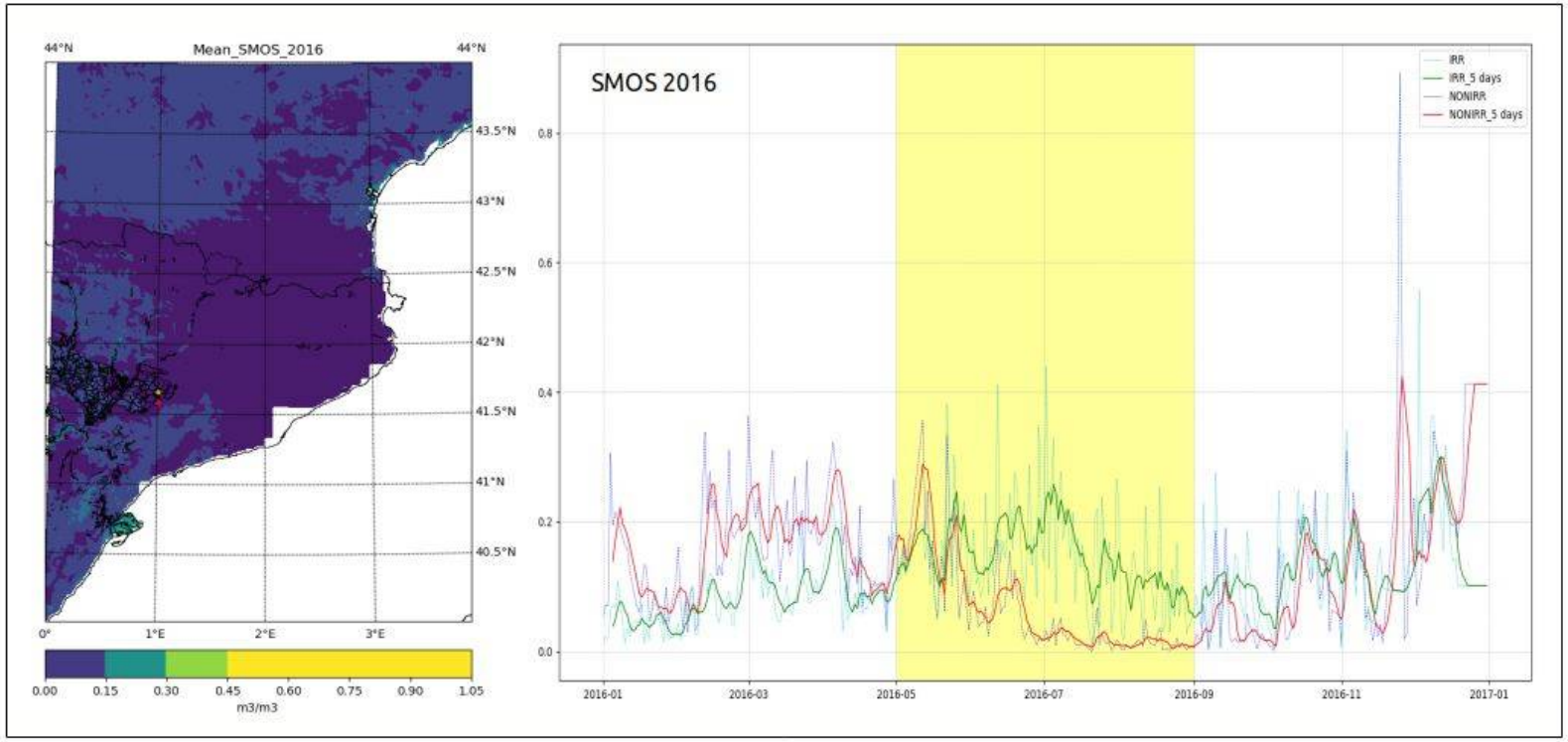
A la zona de Barcelona i Girona el producte no funciona bé (interferències?).

Veiem que **capturem molt bé l’estat hídric d’una regió**.

Les **anomalies en zones irrigades** són més difícils d’interpretar.

Amb aquestes dades **podem calcular índexos** més elaborats.

# Sèries temporals en zones irrigades i no irrigades



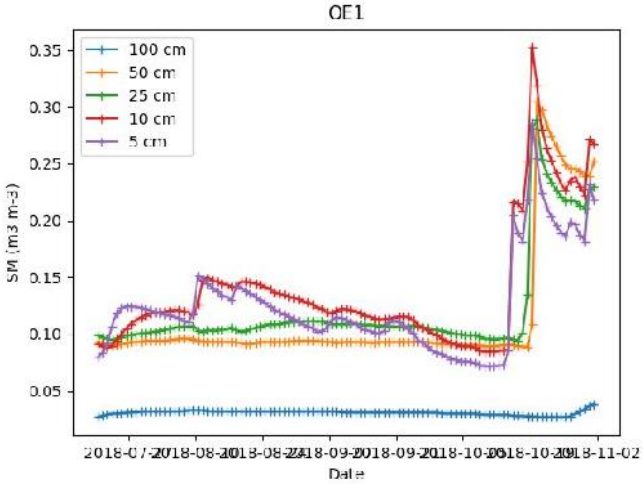

Comparem la humitat del sòl de dos punts propers, un en una zona irrigada de l'Urgell i l'altre en una zona de secà.

Sembla que es captura la irrigació.

- A la Terra Alta es veuria? Ho hem de comprovar.
- Podríem estimar les quantitats irrigades? Tesi de Jacopo Dari (OE-URL, U. Perugia).

# Mesures in-situ

- Molt més precises que el satèl·lit i el model.
- Necessàries per a la validació.
- Nombre limitat de punts.
- Volem instal·lar una xarxa a la Terra Alta i les Terres de l´Ebre (en fases).
    - Ara tenim un punt de proves a l'Observatori.



# Combinació d’observacions, model i satèl·lit.

**Humitat de la zona de les arrels.**

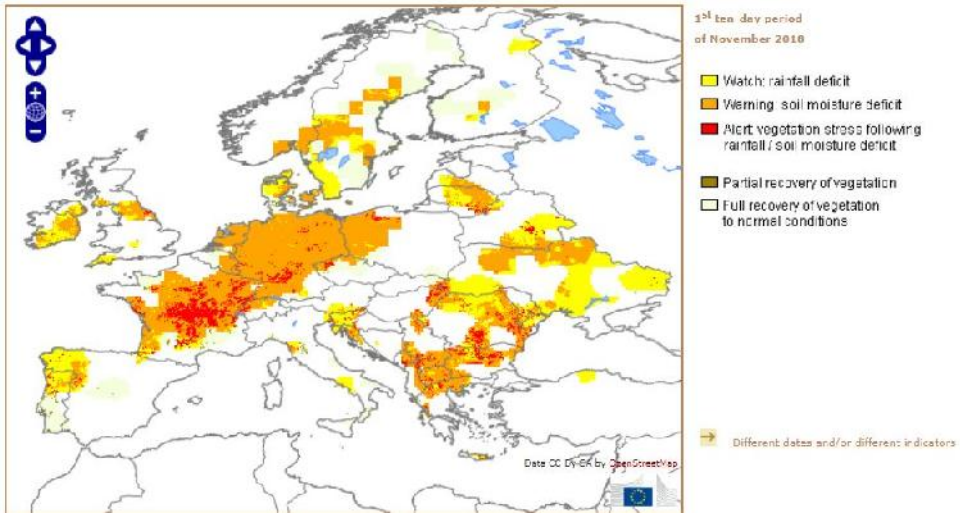
- És el que més interessa en agricultura.
- El model la calcula però amb biaixos.
- El satèl·lit no la veu.

Com la podem obtenir?

- La podem estimar empíricament amb el satèl·lit, calibrant el mètode amb dades observades o amb el model.
  - Hi estem treballant.
- La podem estimar corregint la humitat del model superficial amb la del satèl·lit.
  - Més complex

**Indicadors de sequera combinats.**

- Però no ens dóna informació quantitativa.
- Com el portal europeu de sequera



# Conclusions

- La **sequera** és un **fenomen molt complex** que depèn de molts factors.
- A l'Observatori de l'Ebre ens dediquem a estudiar el **cicle hidrològic continental**.
- En els darrers anys també estem intentant buscar sinergies amb la **teledetecció**.
- La nostra feina té una component de **recerca** molt important.
- Però estem començant a orientar part de la nostra recerca cap a les **necessitats reals del territori**.
- La **monitorització de la sequera** pot ser un servei molt interessant.
    - És una necessitat real.
    - No ens desvia de la nostra recerca bàsica.
- La monitorització de la sequera s'ha de fer de la mà de les **necessitats reals dels usuaris**.
- Això determina com la definim i com la monitoritzem.
- Ara mateix tenim una caixa plena d'eines.
    - Algunes d'aquestes eines són més madures.
    - D'altres estan molt verdes.
- La qüestió ara és anar veient com les podem anar combinant per respondre a una necessitat real.
- És un projecte a llarg termini.

Gràcies! :-)