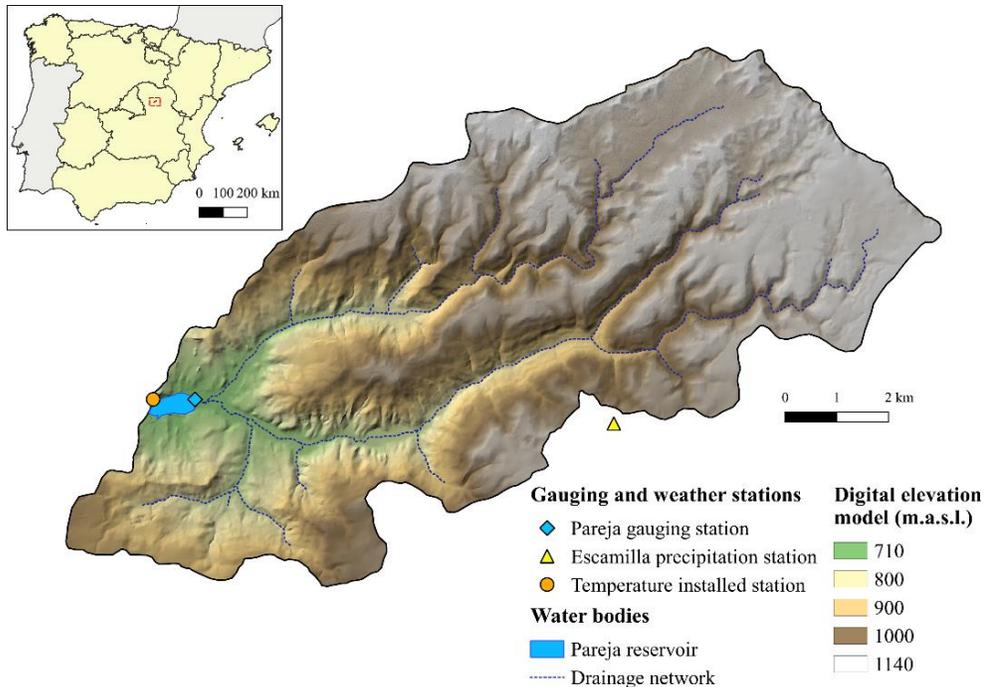


La modelización hidrológica como herramienta para la gestión del agua: el modelo SWAT+



Eugenio Molina Navarro

Dpto. de Geología, Geografía y Medio Ambiente

U.D. de Geología

Grupo de Investigación “Agua, Clima y Medio Ambiente”



Universidad
de Alcalá

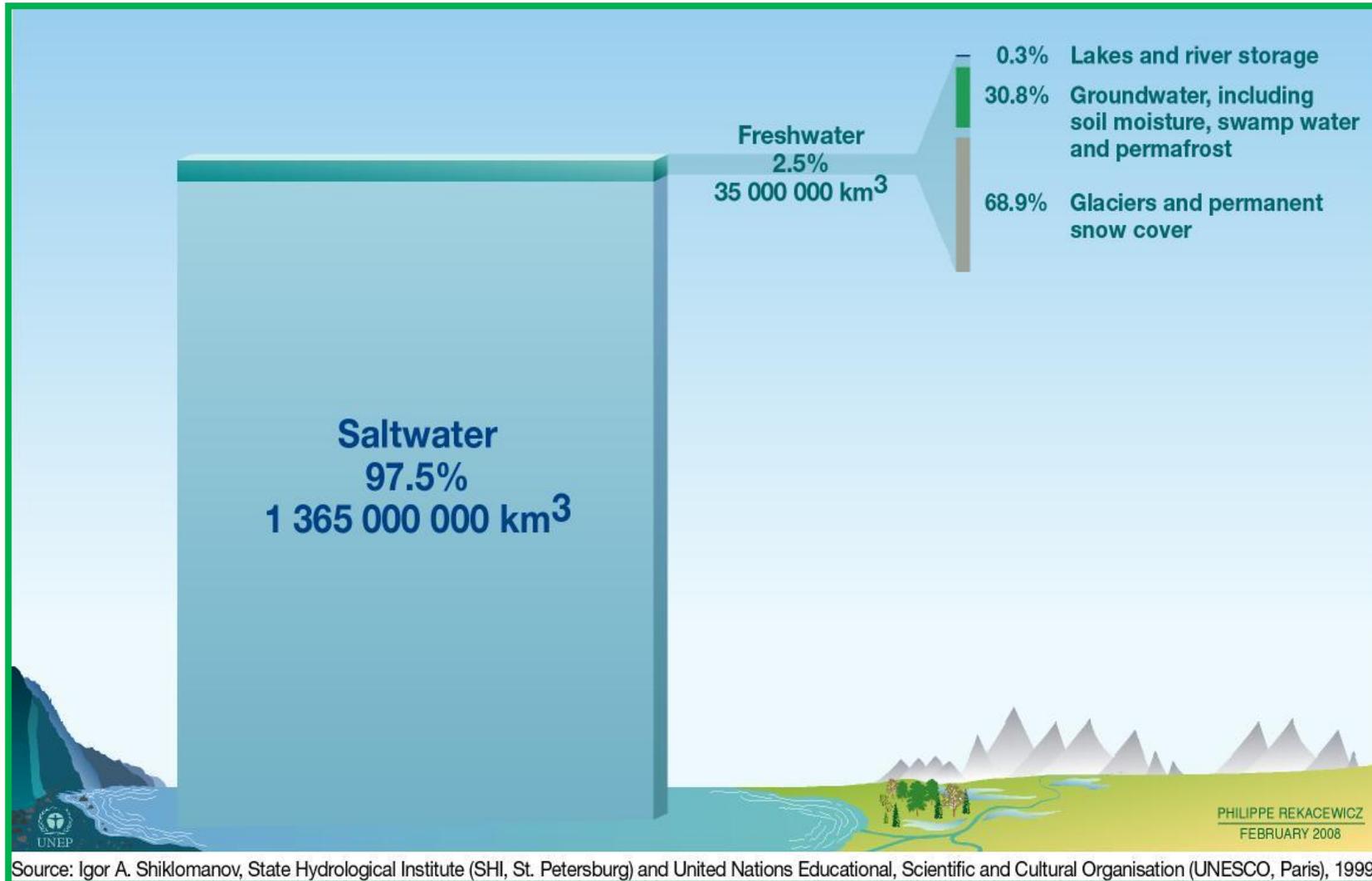


ACMA
Agua, Clima y Medio Ambiente



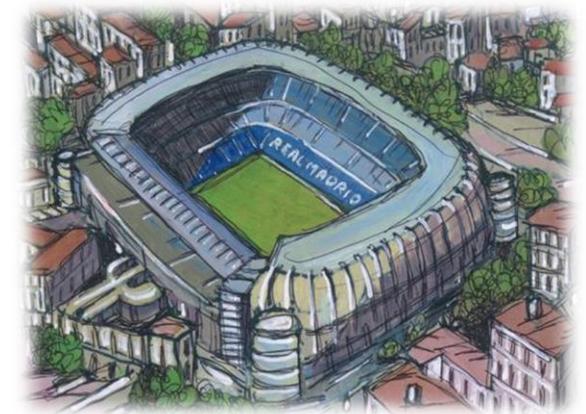
CONTEXTO

El agua: un recurso limitado

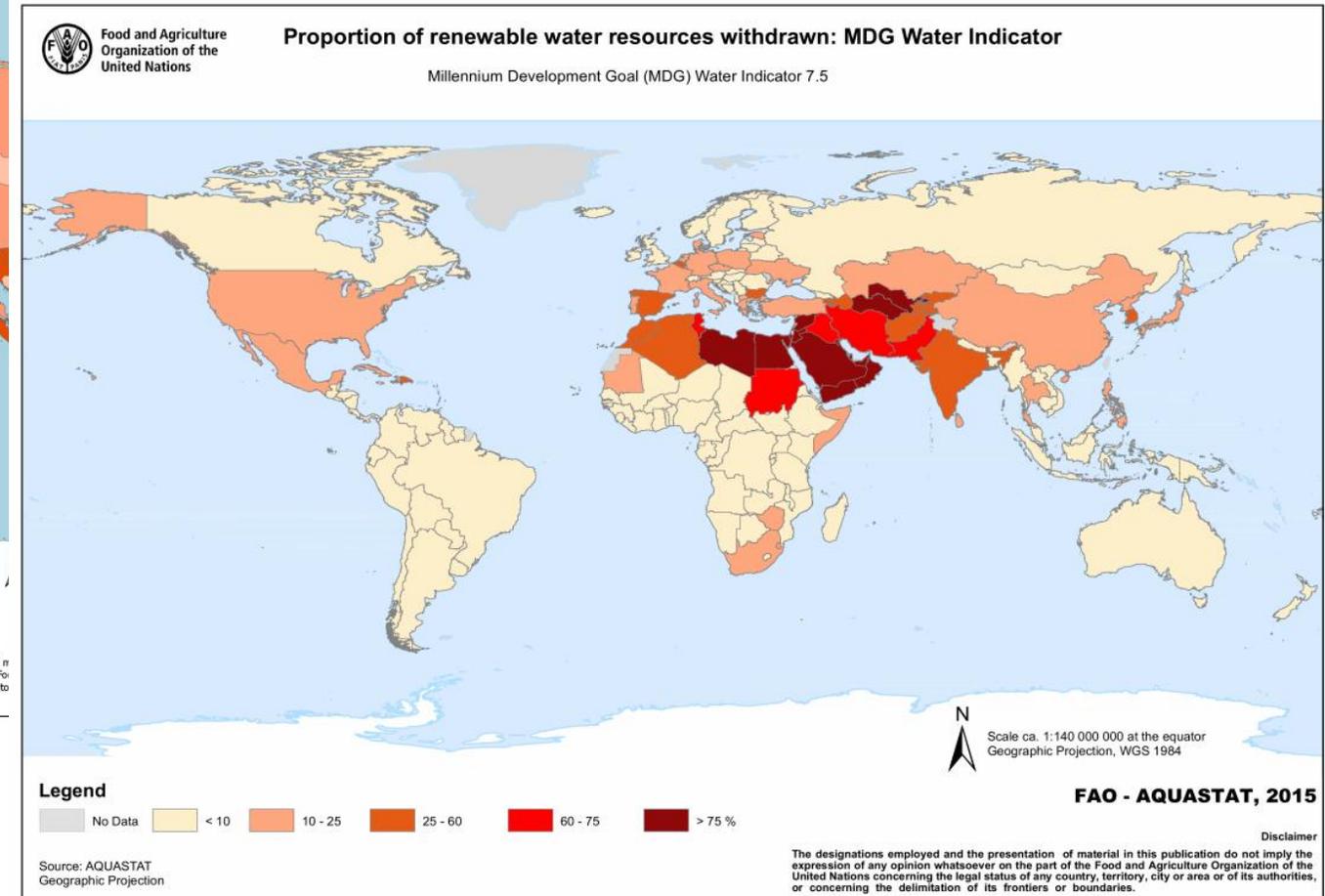
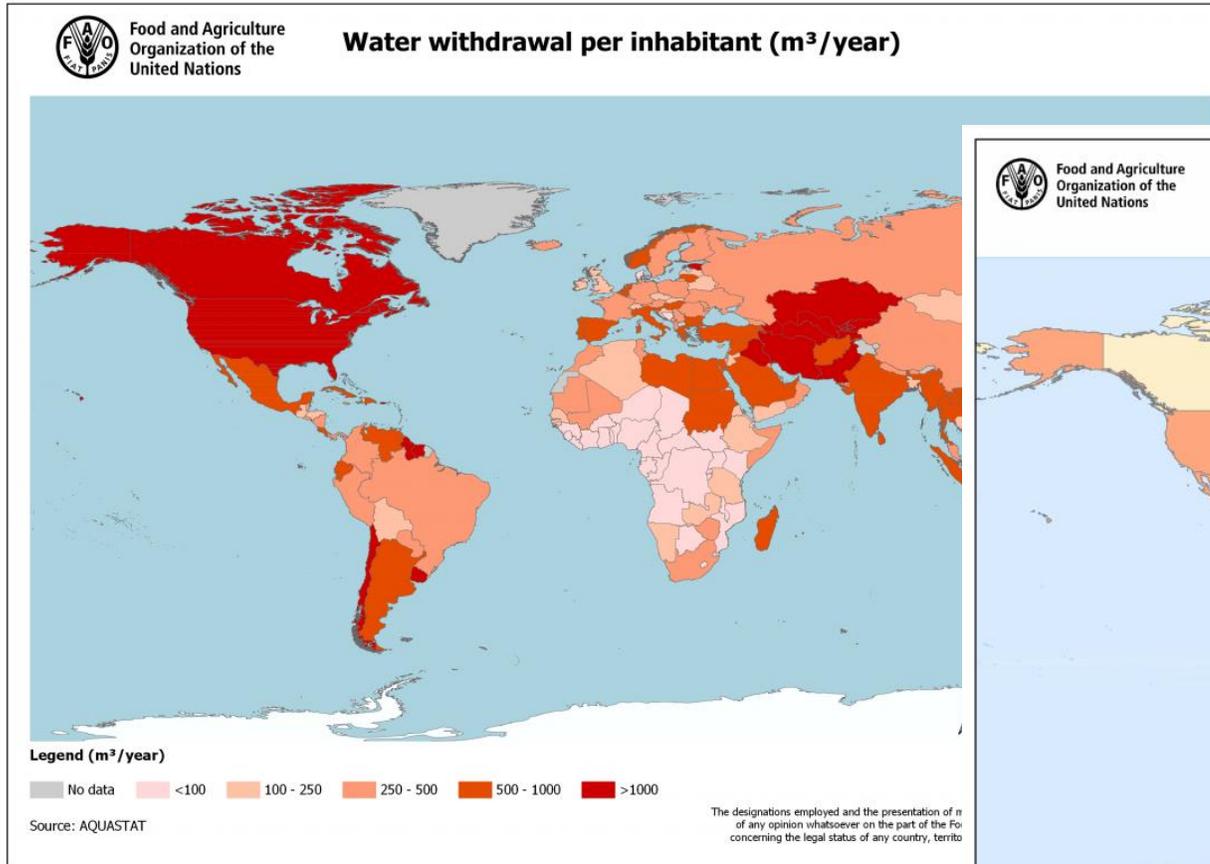


FAO:

9-14 mill. Hm³
($< 0.04\%$ agua dulce)
económicamente
disponible para
uso humano.



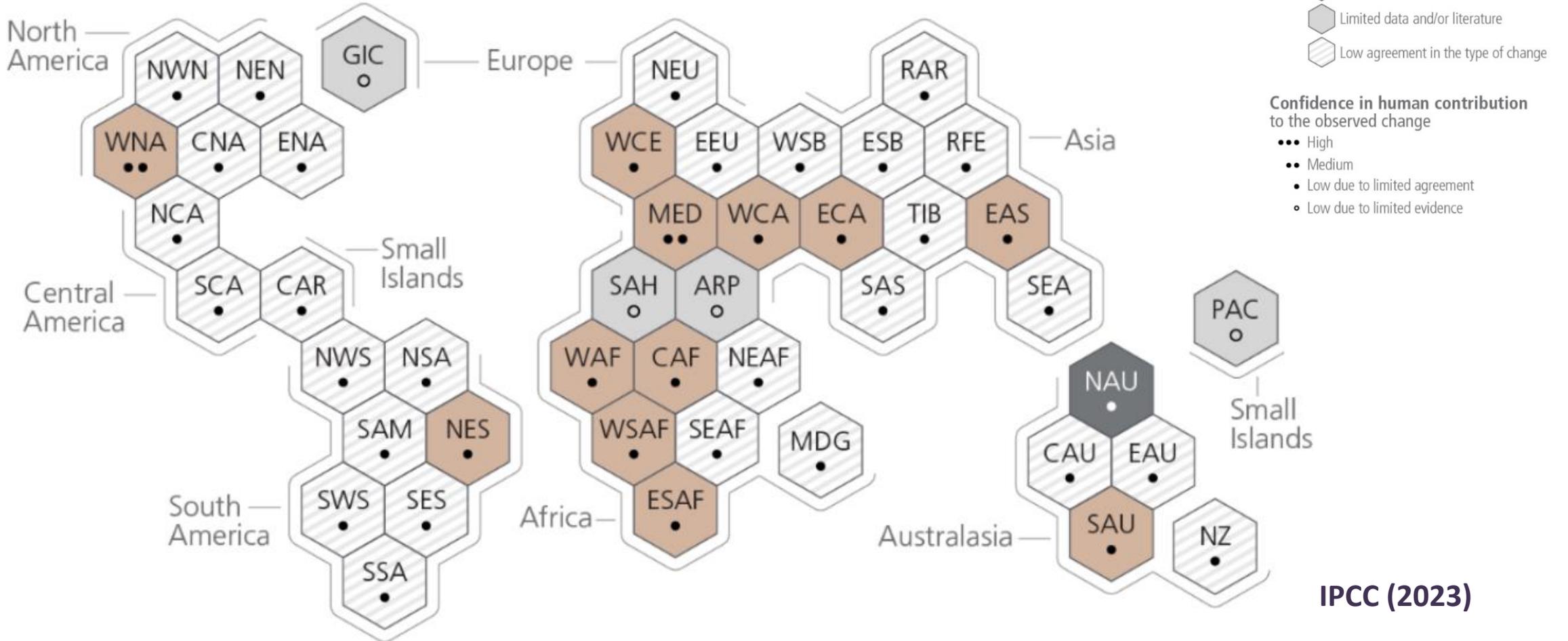
El agua: un recurso limitado





El agua: un recurso limitado

Agricultural and ecological drought

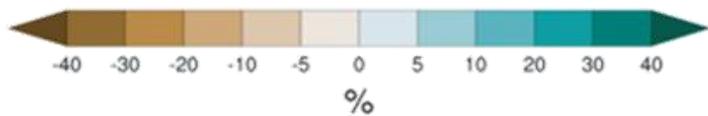
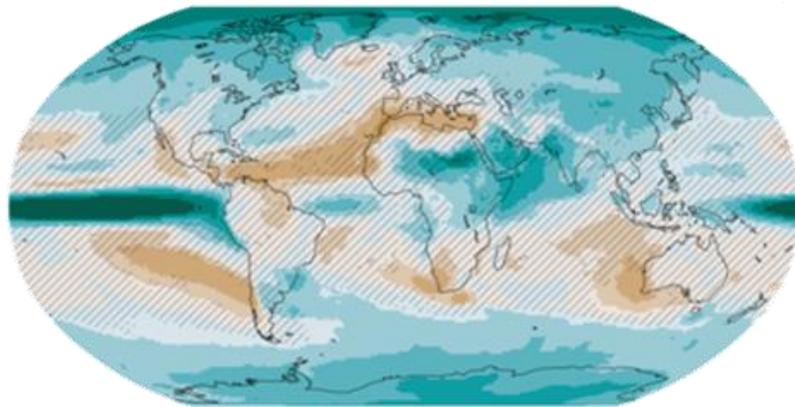


IPCC (2023)

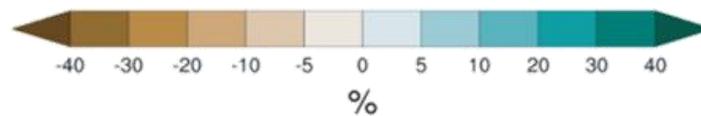
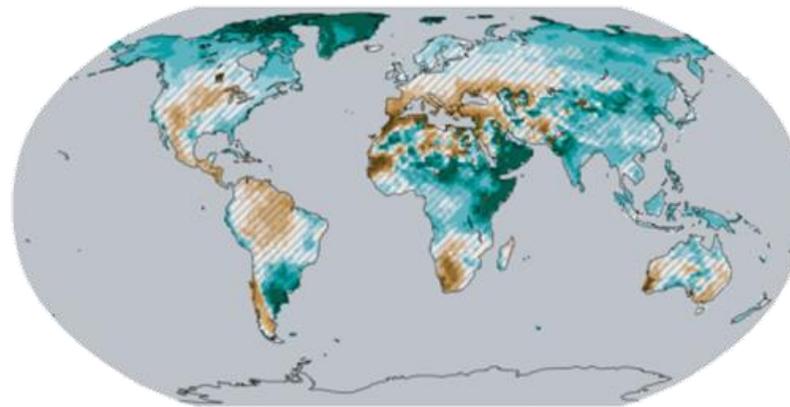
El agua: un recurso limitado



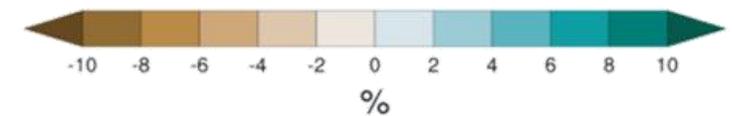
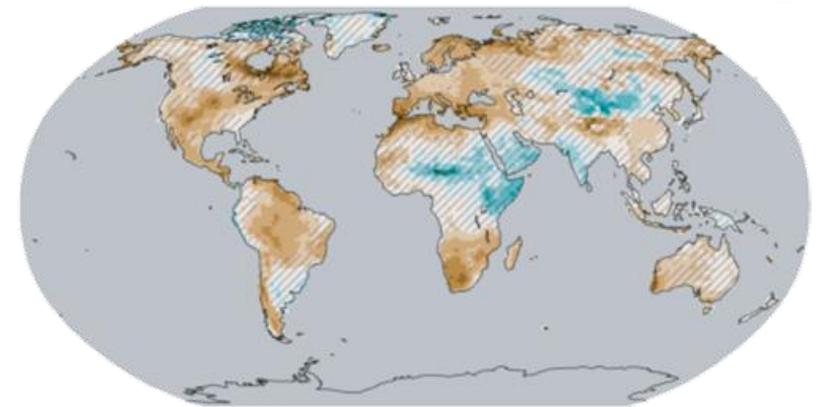
PRECIPITACIÓN



ESCORRENTÍA



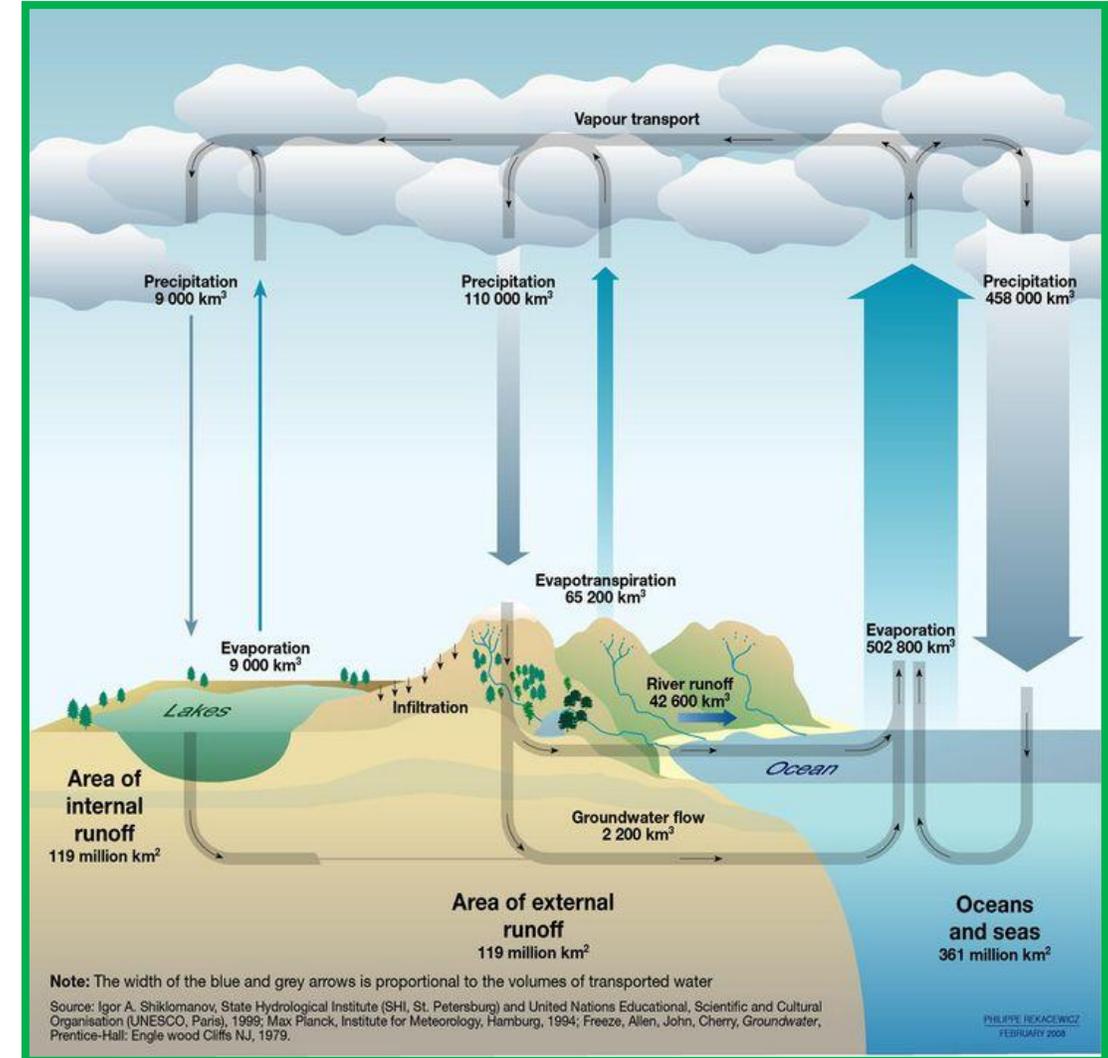
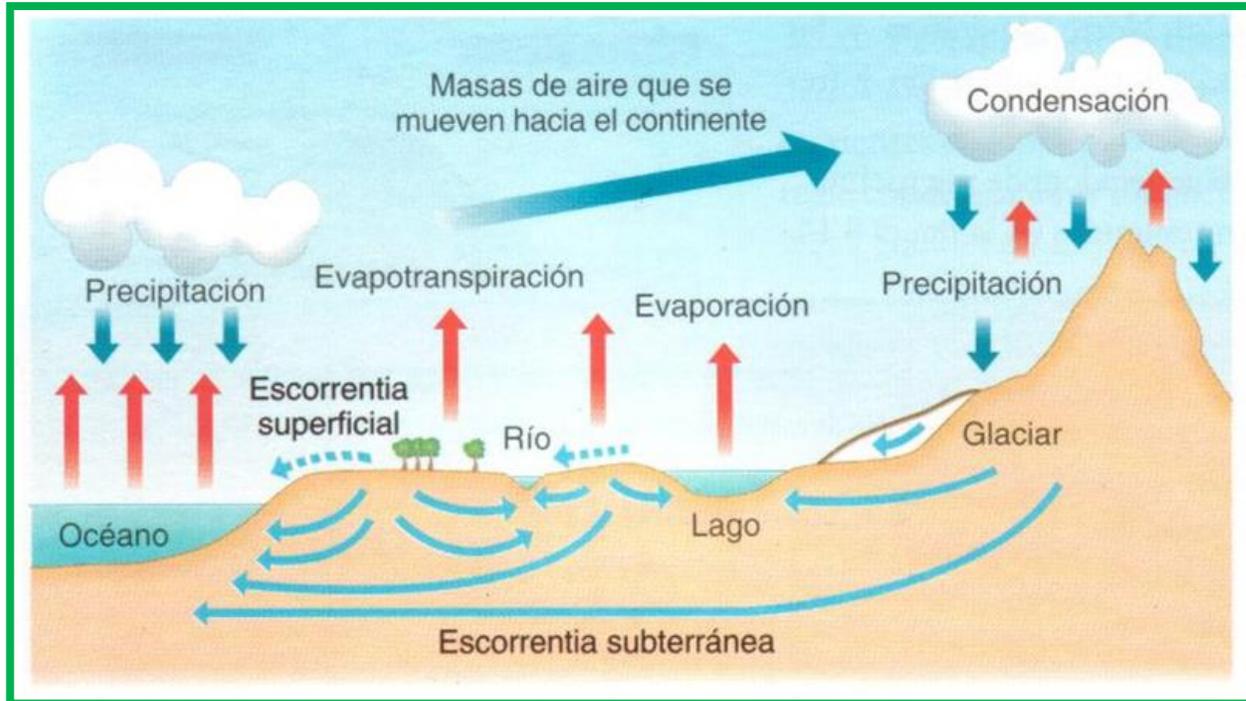
HUMEDAD DEL SUELO



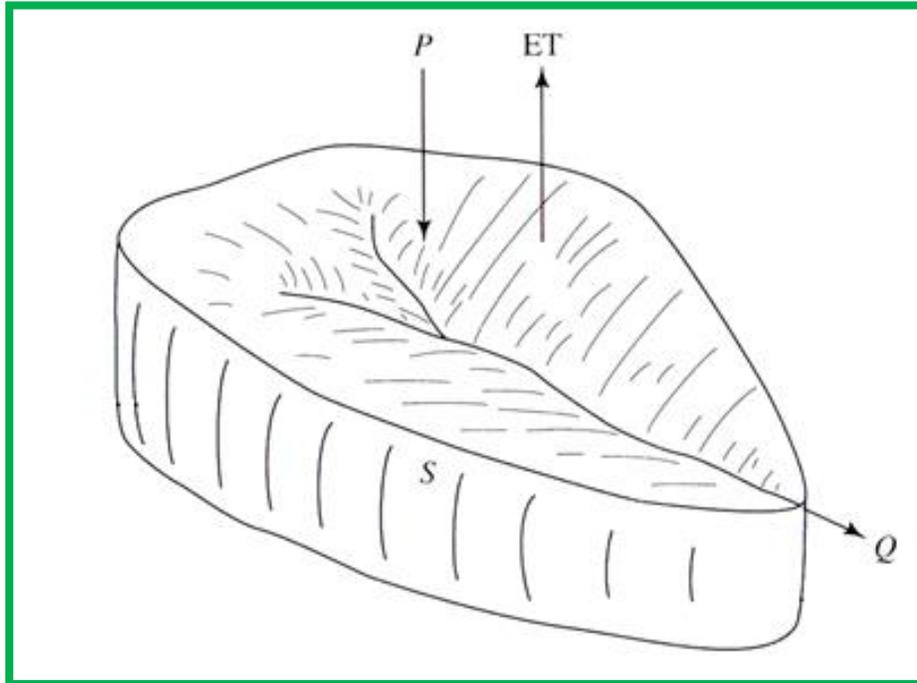
Color High model agreement ($\geq 80\%$)
Hatched Low model agreement ($< 80\%$)

IPCC (2021)

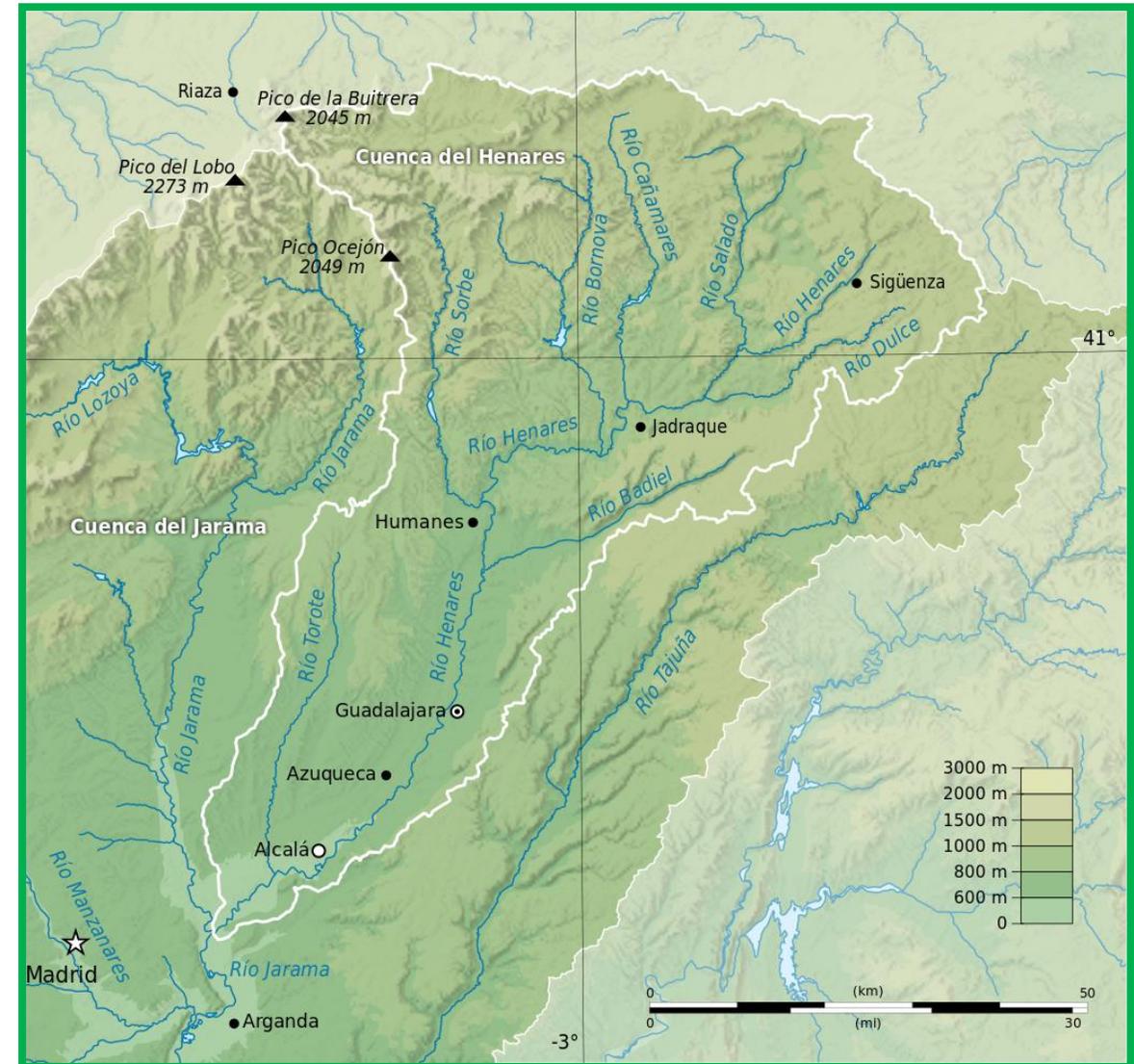
El ciclo del agua



La cuenca hidrográfica



Modificado de Dingman (1994)



LA MODELIZACIÓN HIDROLÓGICA

Hidroinformática



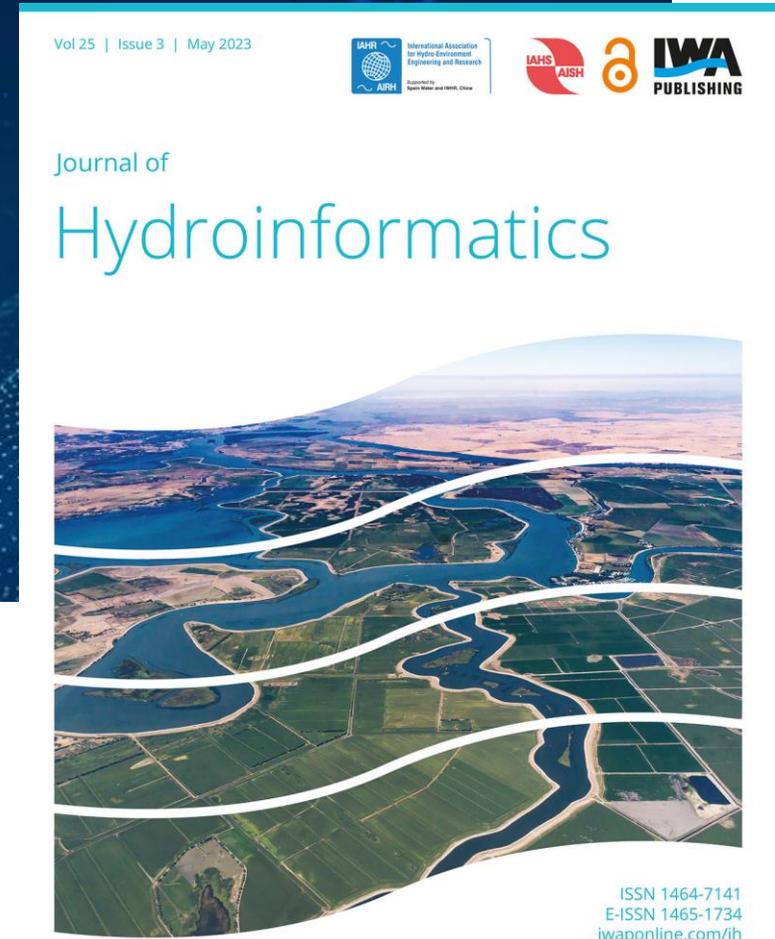
HIC 2024

May 27-31, 2024 Beijing, China

15th International Conference on Hydroinformatics

From Nature to Digital Water: Challenges and Opportunities

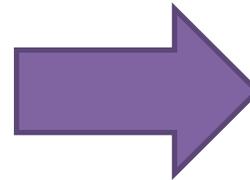
- 👉 SIG y teledetección
- 👉 Programación
- 👉 Automatización
- 👉 Modelización



Modelización hidrológica

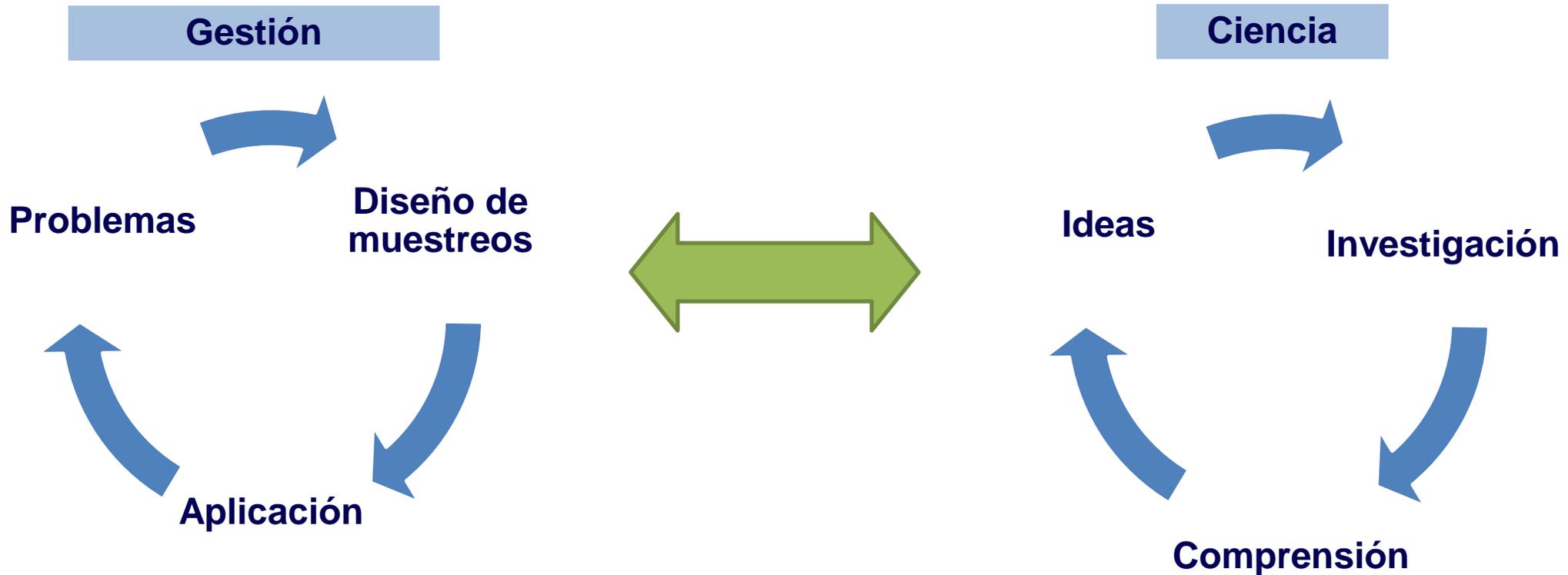


LOS MODELOS SE HAN CONVERTIDO EN UNA HERRAMIENTA BÁSICA DE TRABAJO EN HIDROLOGÍA



**“HYDROLOGICAL MODELLING”
¡¡Más de 92.000 artículos!!**

Modelización hidrológica



COMPRENSIÓN INTERACCIÓN PROCESOS HIDROLÓGICOS ↔ PROBLEMAS AMBIENTALES

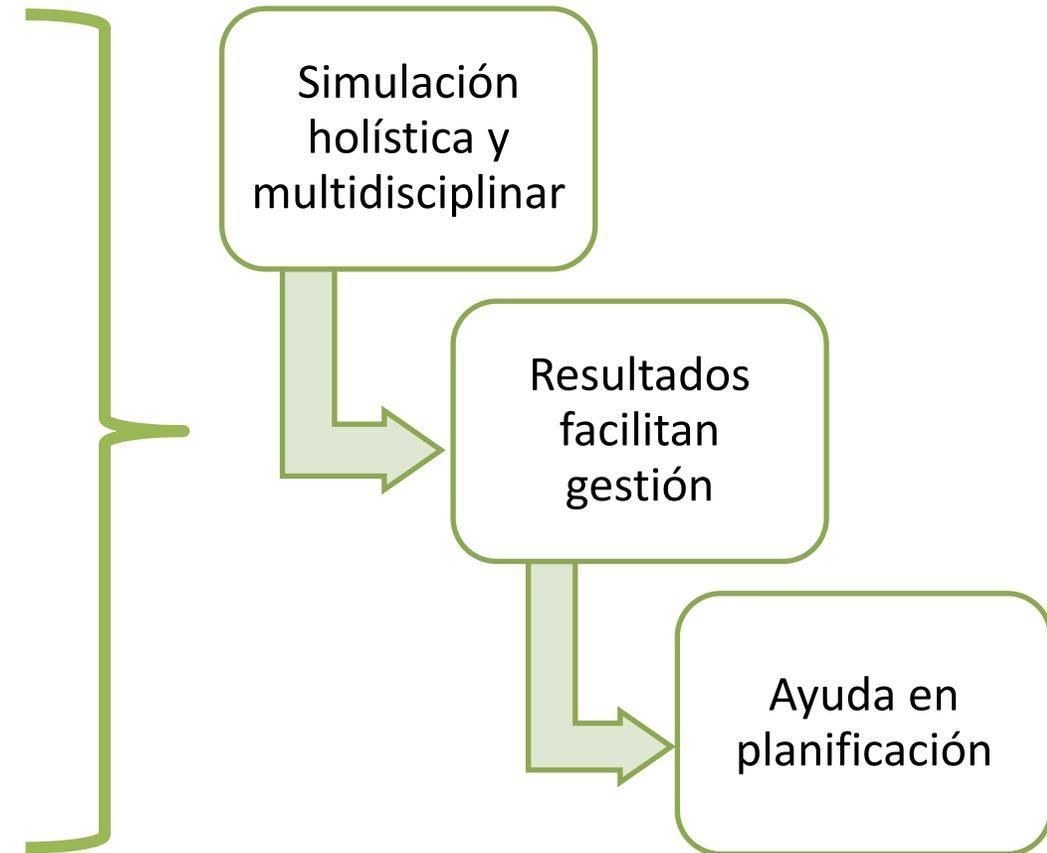
Modelización hidrológica



MODELOS A ESCALA DE CUENCA → APOYO A GESTIÓN DEL AGUA

Modelización del comportamiento hidrológico.

- Obtención de datos de variables hidrológicas.
- Interacción entre la actividad humana y la hidrología.
- Extrapolación a zonas con escasez de datos.
- Simulación de escenarios:
 - **Cambio climático.**
 - Cambio de usos del suelo.
 - Buenas prácticas ambientales (agrícolas, urbanas, etc.)
 - ...

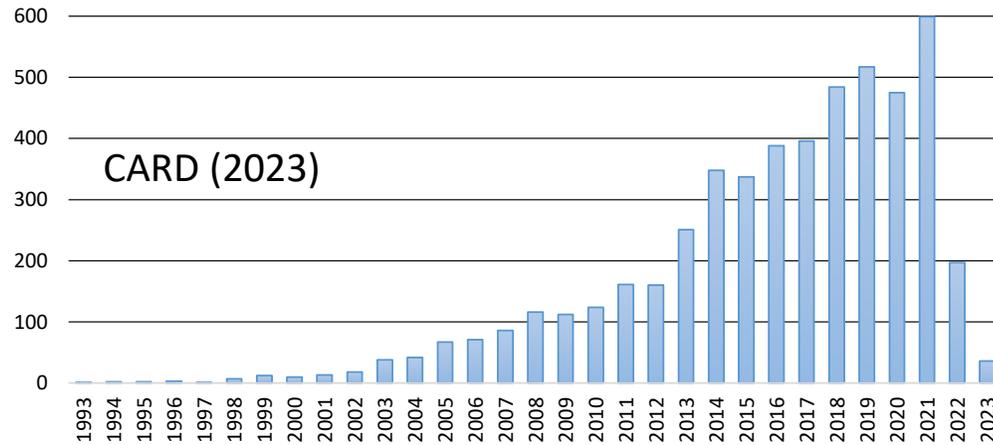


EL MODELO SWAT

El modelo SWAT

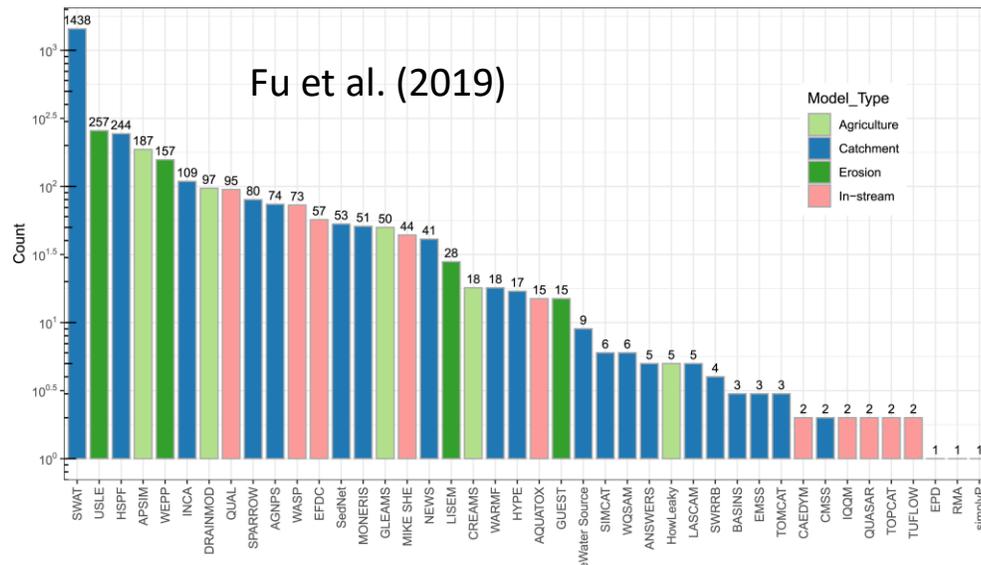


Número de artículos usando el modelo SWAT

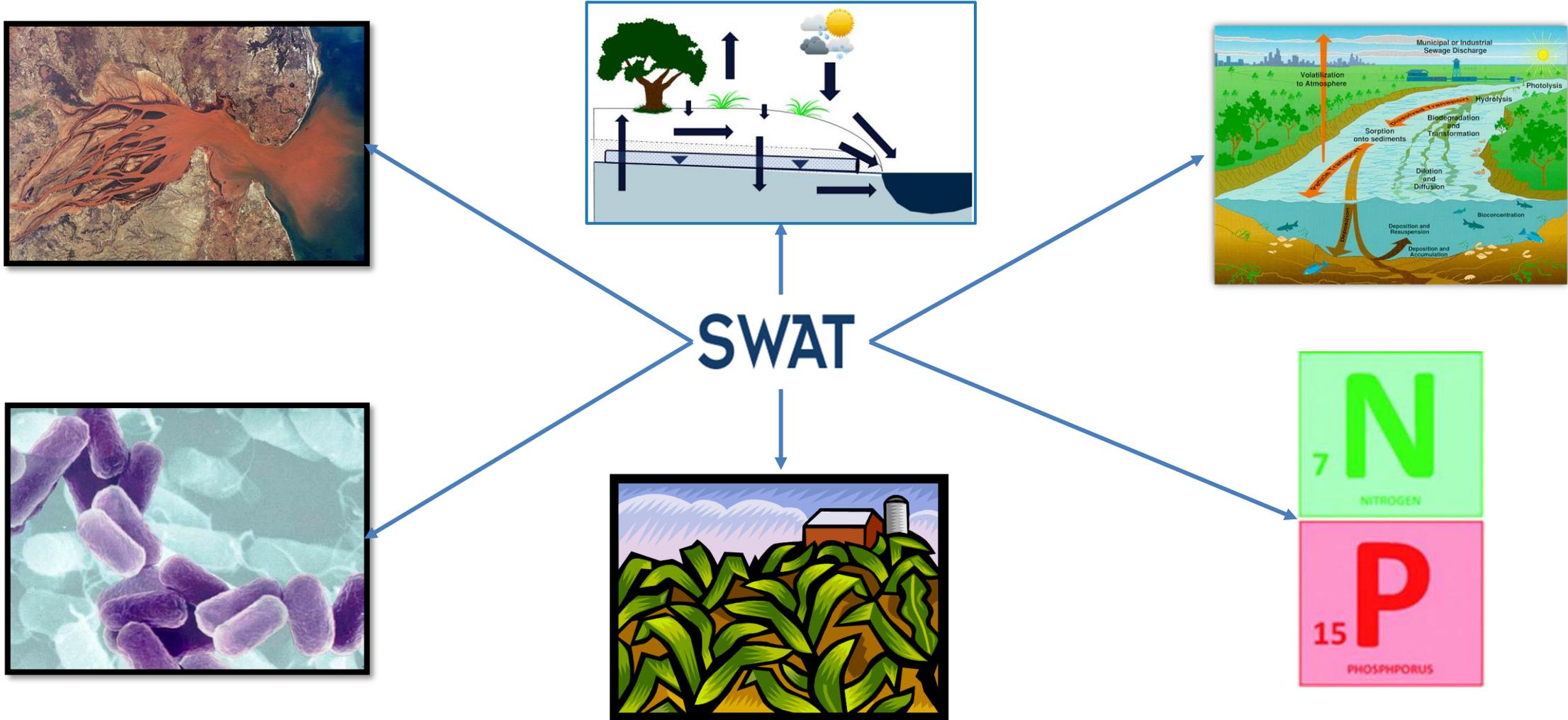


- ☑ 1993, TAMU y USDA
- ☑ **Modelo eco-hidrológico**
- ☑ Modelo continuo, diario
- ☑ Interfaz de usuario sencilla
- ☑ De base física y semidistribuido
- ☑ Mucho detalle hidrología ZNS
- ☑ Computacionalmente eficiente

Fu et al. (2019)



El modelo SWAT



NOVEDAD: SWAT+

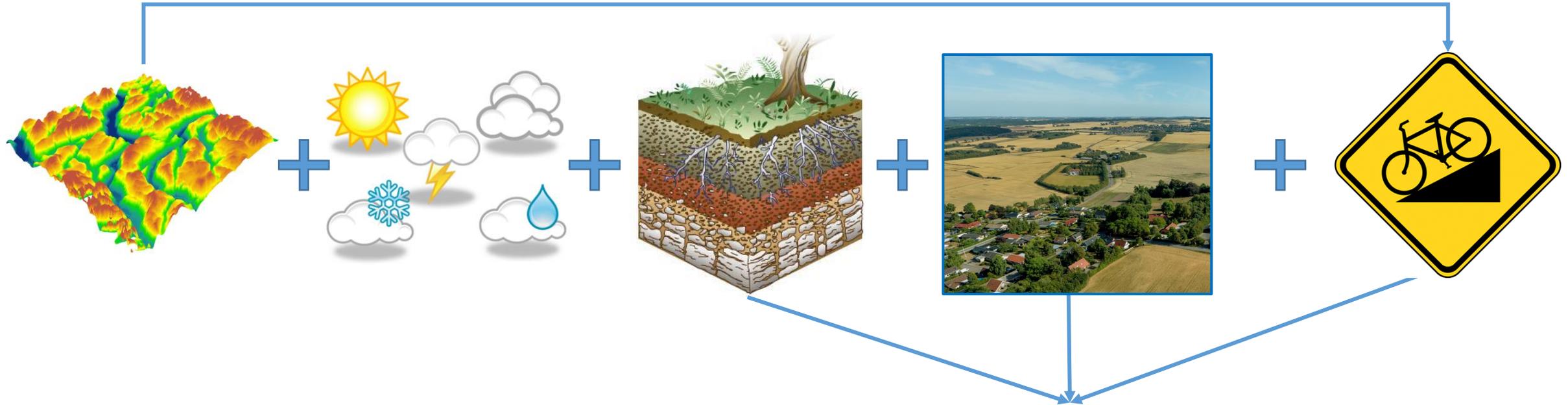


SWAT+:



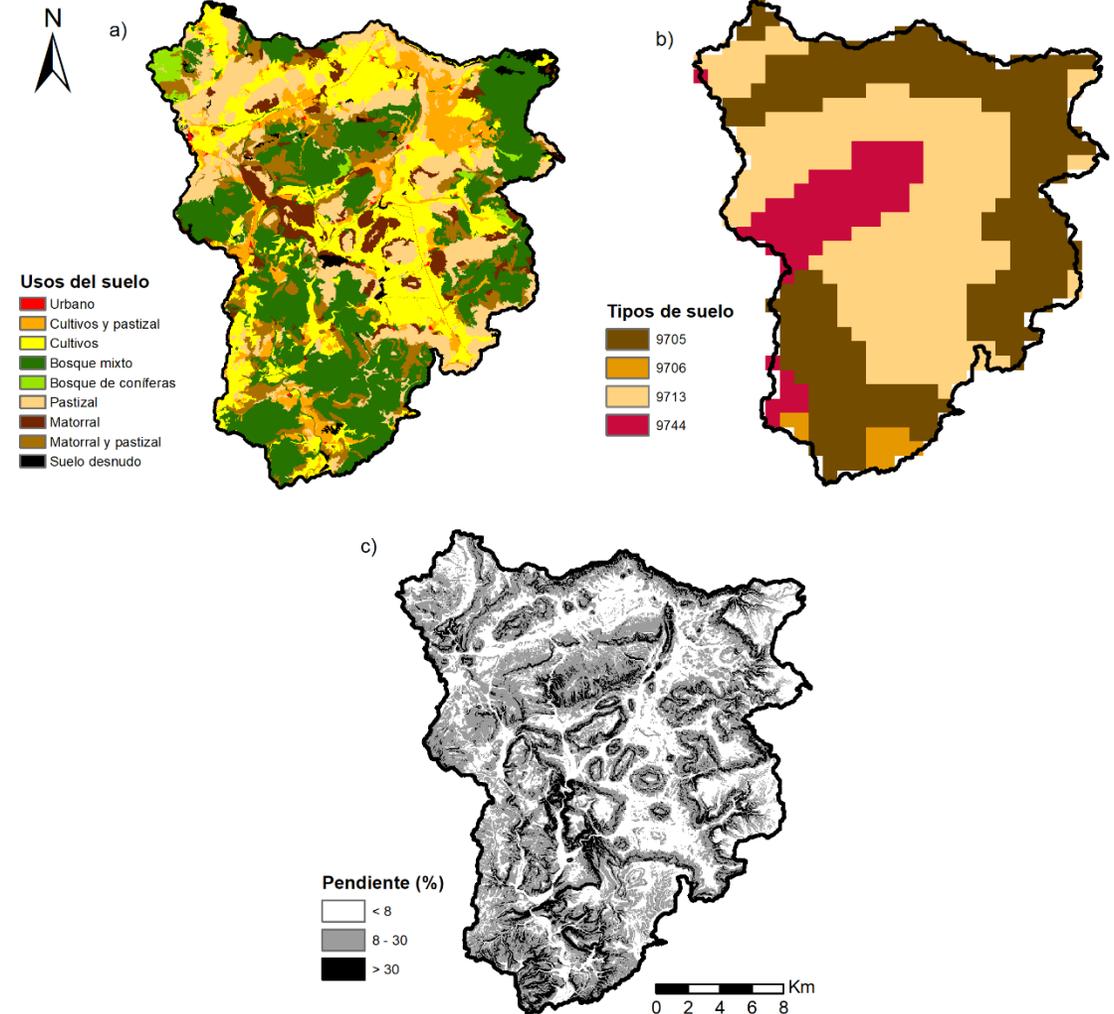
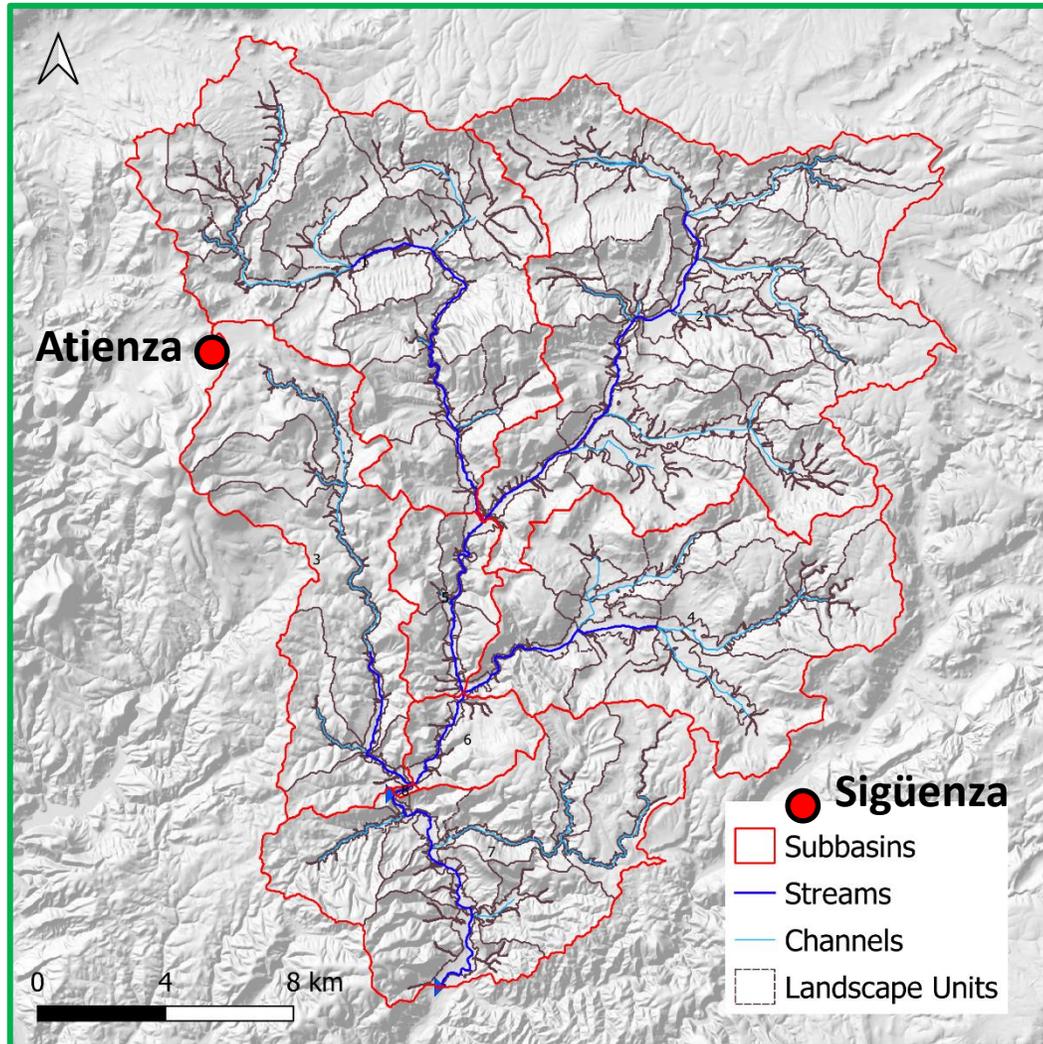
- Publicado en 2017 pero lanzado en 2019.
- Versión 2.2 publicada en febrero de 2023 pero todavía en desarrollo
- **Mejoras vs. el “clásico” SWAT:**
 - Código más limpio: menos archivos que dan lugar a un modelo más ligero
 - Interfaz de usuario más sencilla
 - Incorpora unidades del paisaje (ladera y llanura) → mejora la representación de la interacción de procesos
 - Aplicaciones todavía limitadas (errores en el código y falta de herramientas de calibración)

Creación de un modelo



LSUs y HRUs
(UNIDADES DEL PAISAJE Y
UNIDADES DE RESPUESTA HIDROLÓGICA)

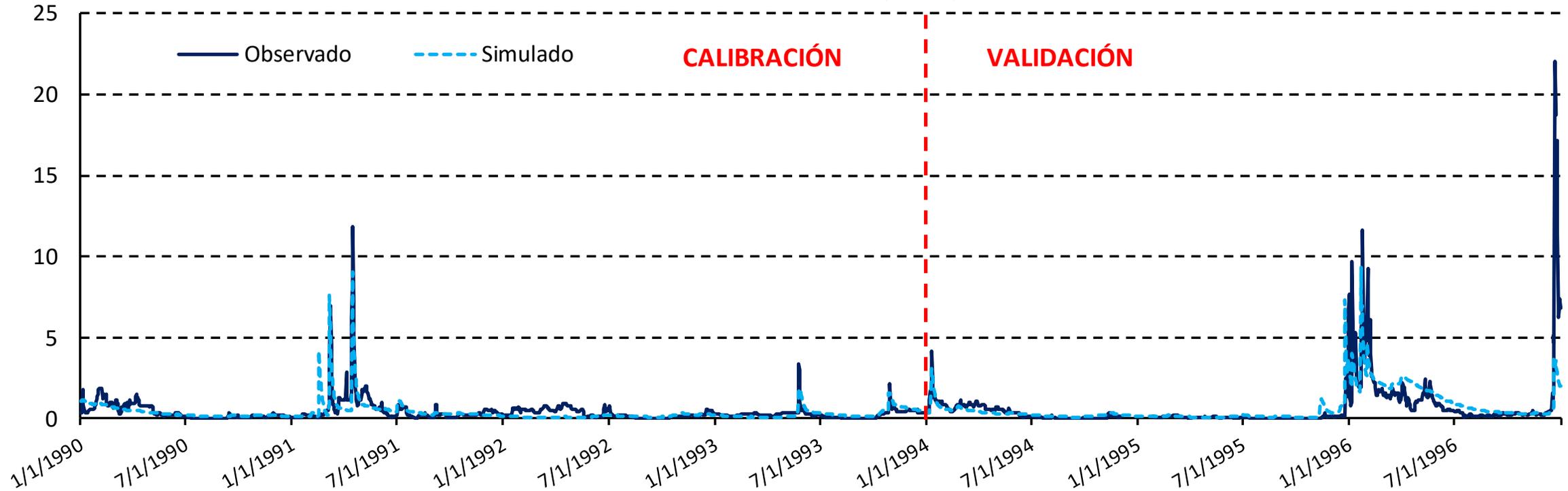
Creación de un modelo



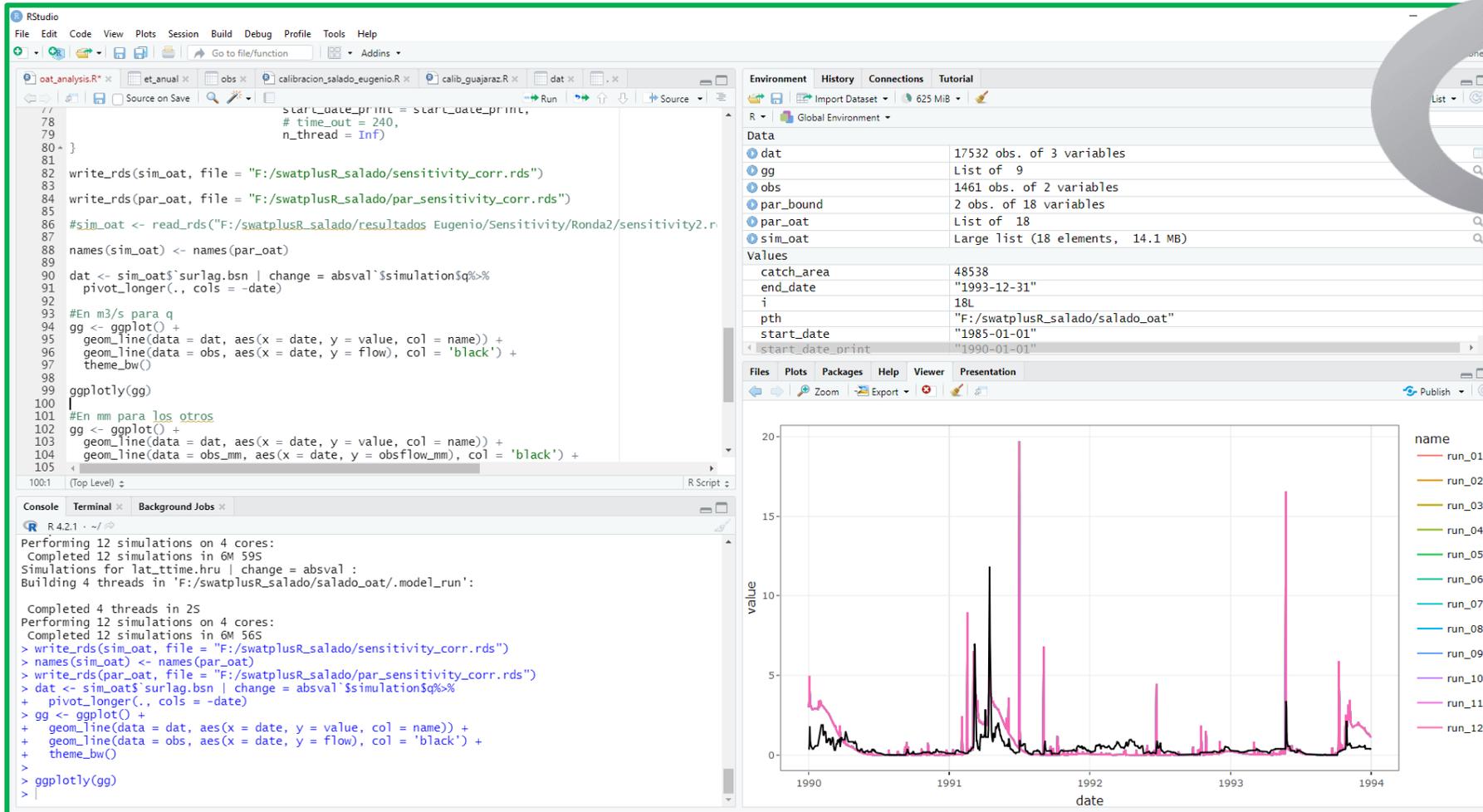
Calibración del modelo



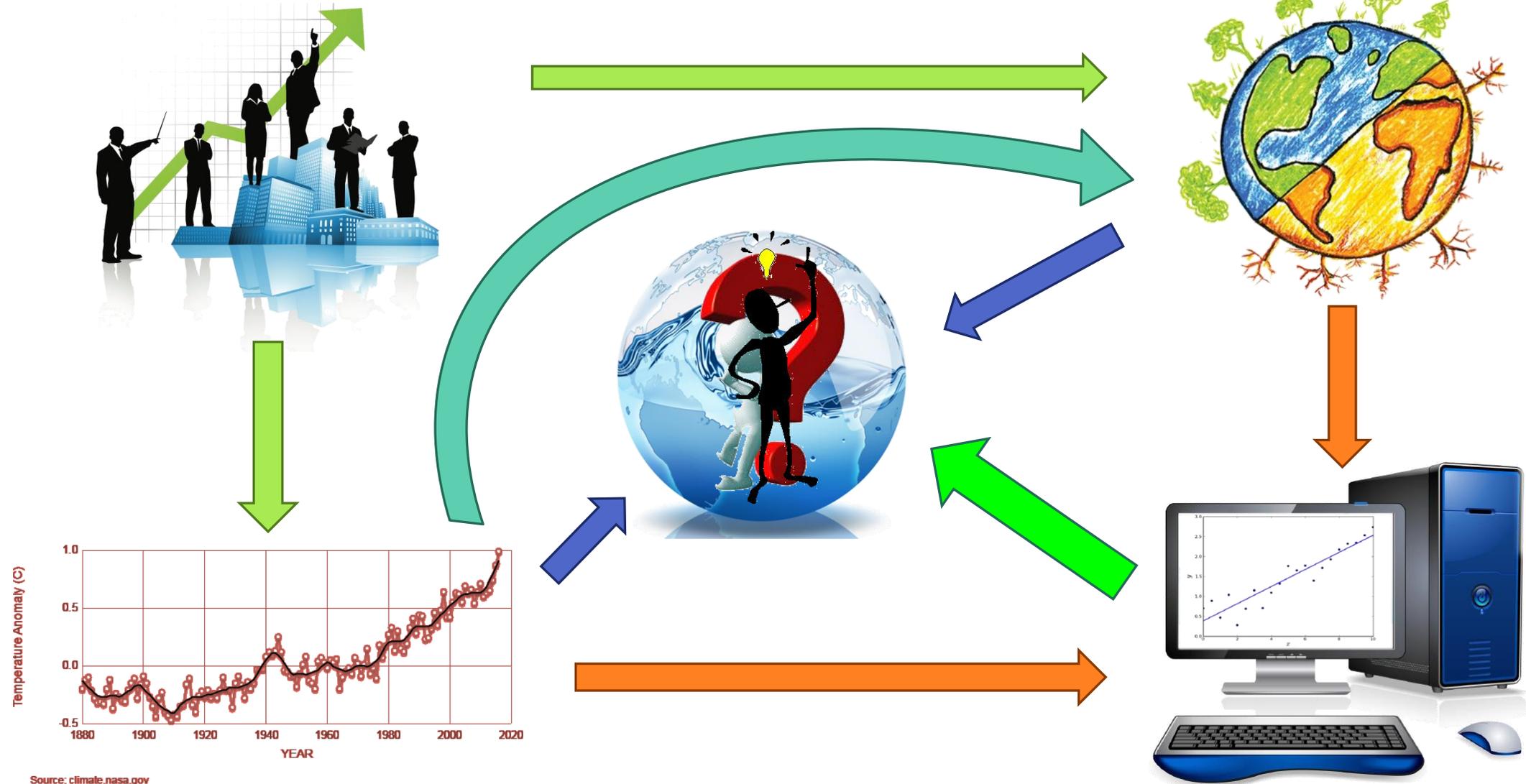
Caudal 1990-1996 (m³/s)



La tarea es más compleja...

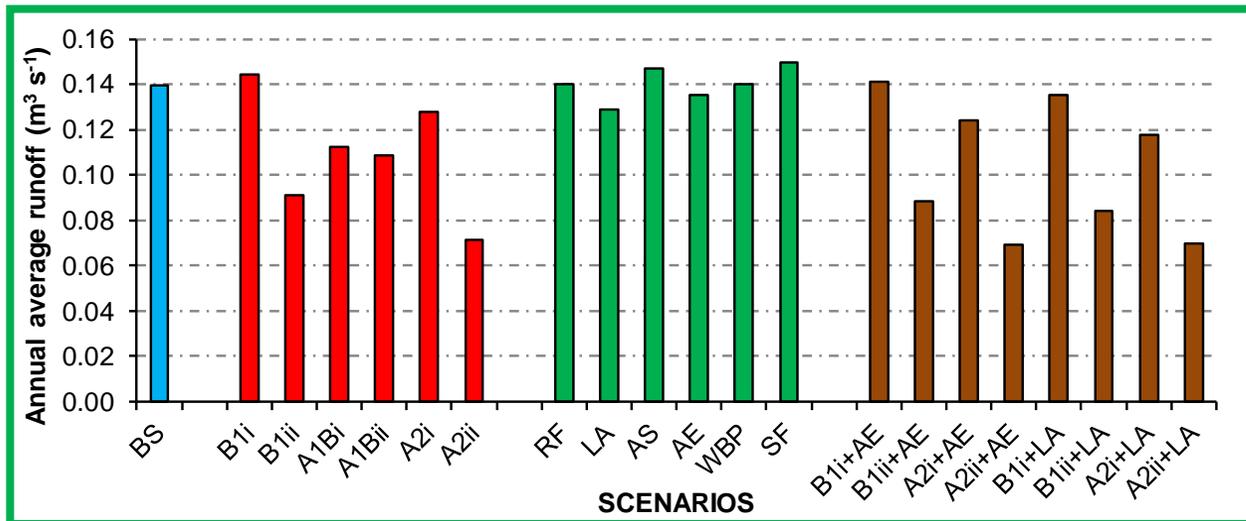
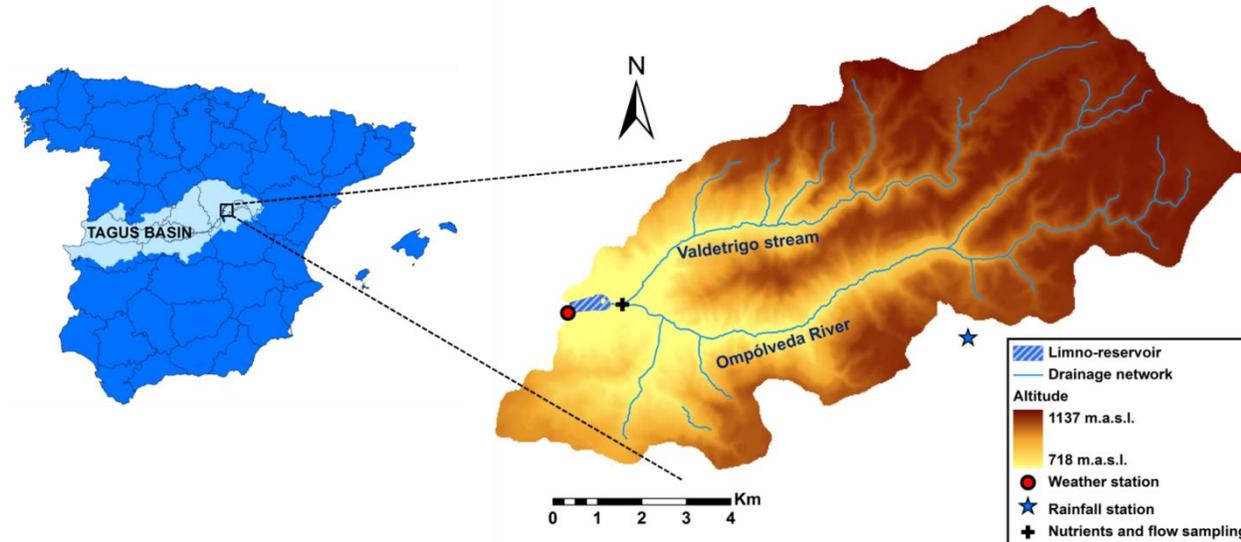


Simulación de escenarios



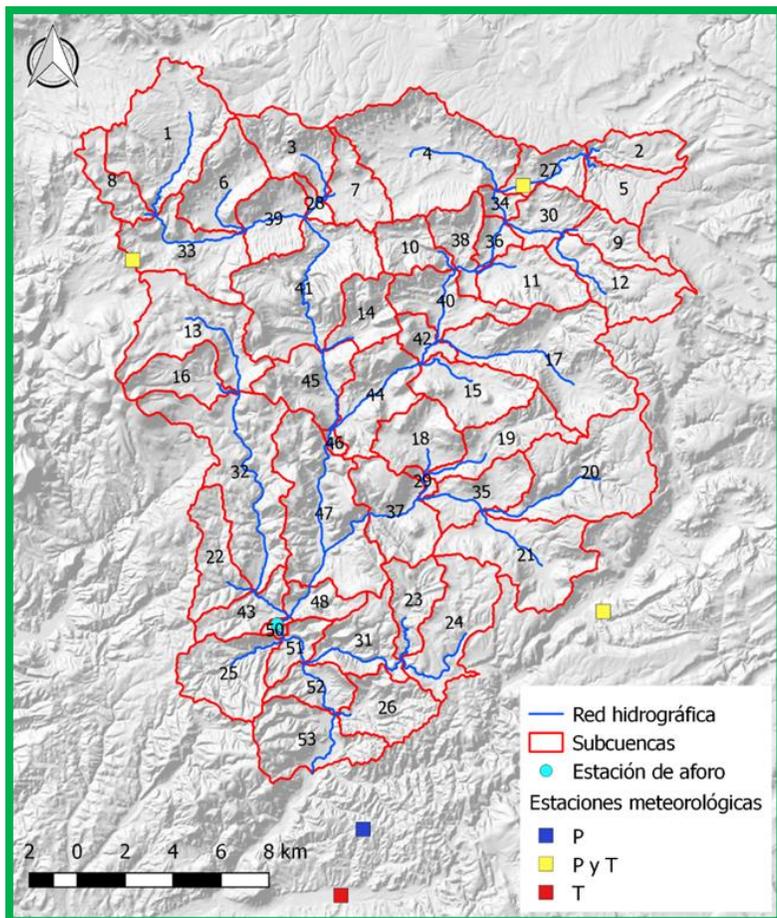
ALGUNOS EJEMPLOS

LIMNOEMBALSE DE PAREJA



Escenario	BS	B1 (46-65)	B1 (81-00)	A2 (46-65)	A2 (81-00)
P (mm)	589	574	538	570	523
Q (mm)	50	52	33	46	26
Qb (mm)	31	32	15	26	8
Qd (mm)	19	20	18	20	18
Δ ETP (%)		-3.4	-7.5	-6.9	-13.4

RÍO SALADO



Resultados en l/m²

	Base (1961-90)	RCP 4.5 (2081-00)	RCP 8.5 (2081-00)
Precipitación	543	497	442
ΔPrecipitación (%)		-8%	-19%
Evapotranspiración	476	449	410
ETP (% de P)	88%	90%	93%
Escorrentía total	49	33	21
ΔEscorrentía (%)		-34%	-57%
Escorrentía directa	24	19	15
Esc. subterránea	26	14	7
Recarga del acuífero	48	33	22

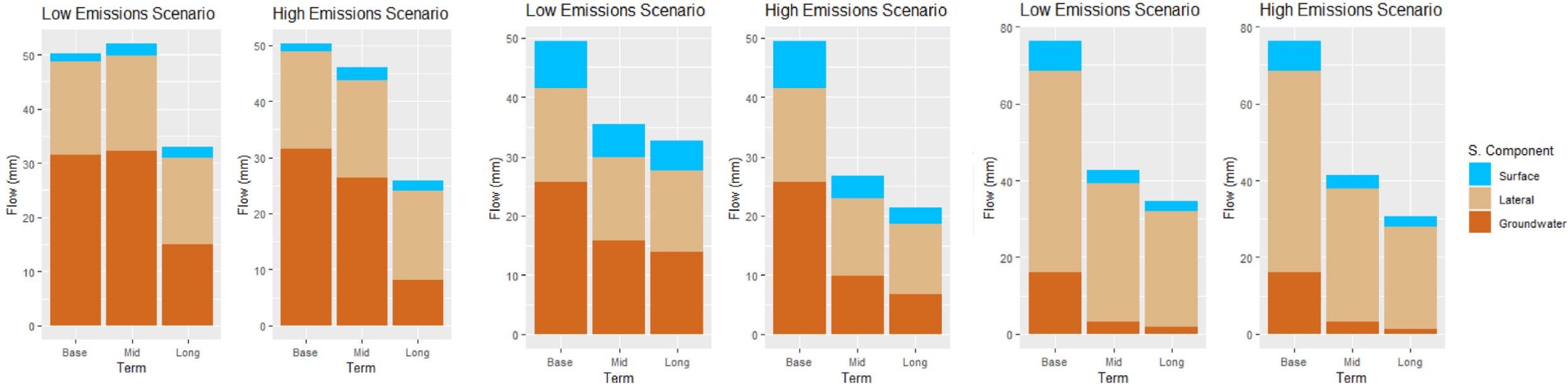
COMPARATIVA



OMPÓLVEDA

SALADO

GUADALUPE



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Energy Reports

journal homepage: www.elsevier.com/locate/egy

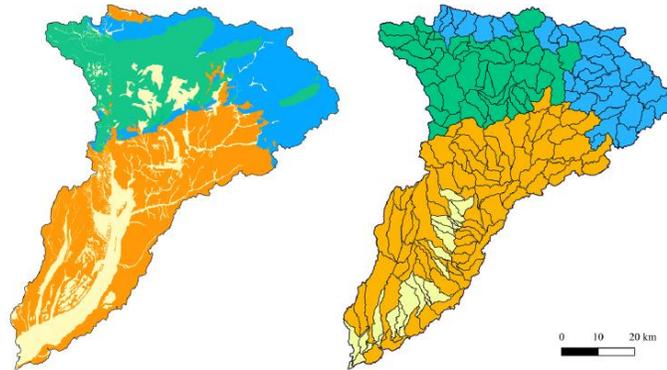
Research paper

Streamflow components and climate change: Lessons learnt and energy implications after hydrological modeling experiences in catchments with a Mediterranean climate

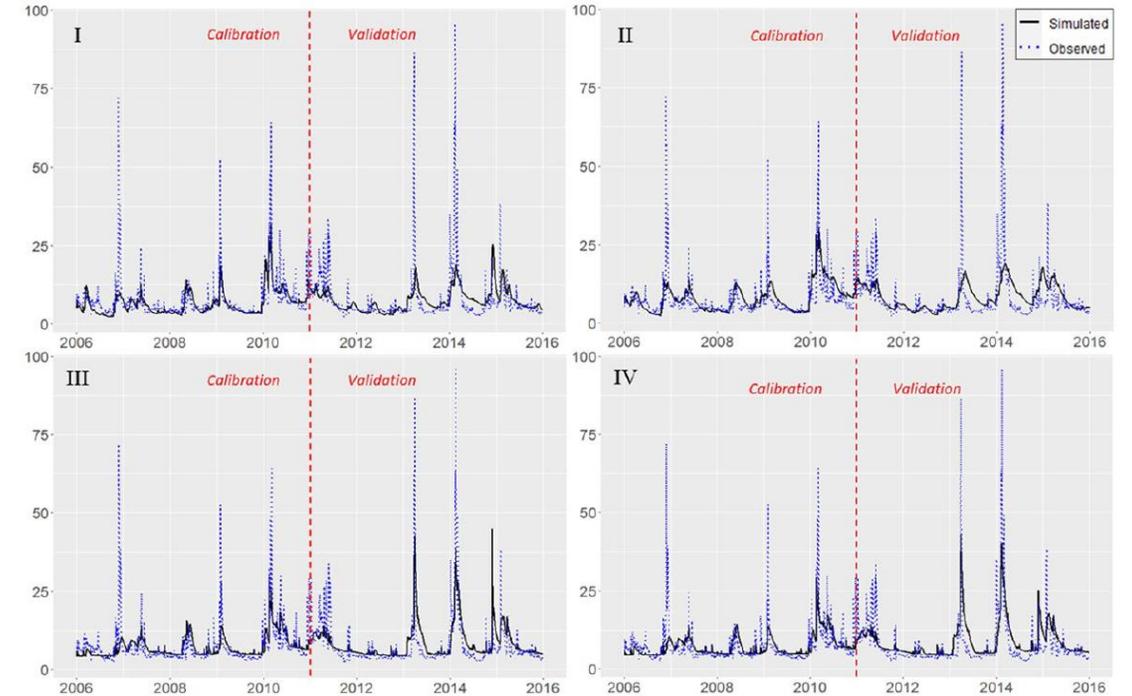
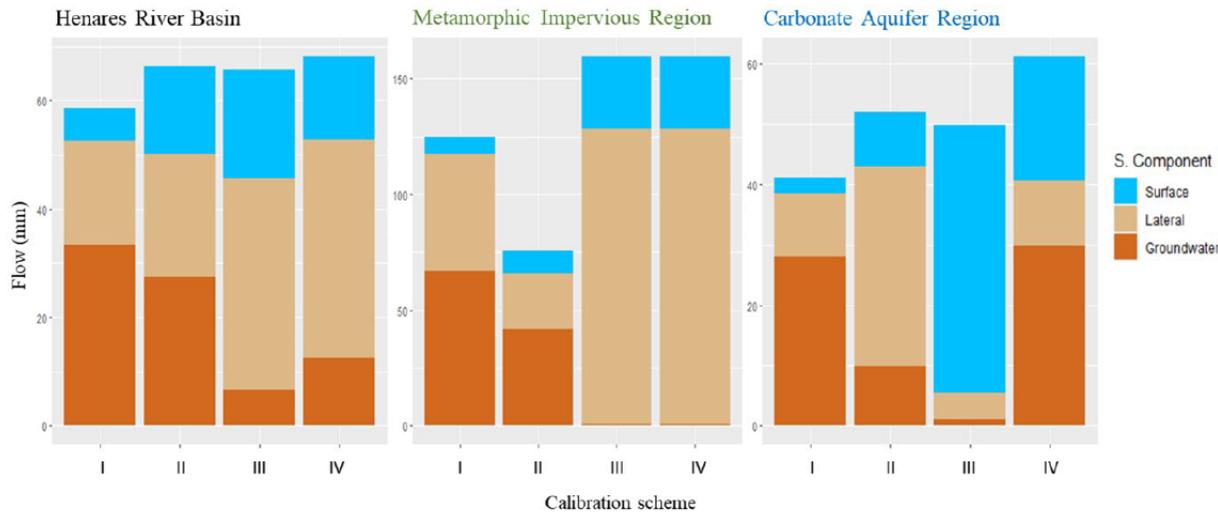
Alejandro Sánchez-Gómez^{a,*}, Silvia Martínez-Pérez^a, Sylvain Leduc^b, Antonio Sastre-Merlín^a, Eugenio Molina-Navarro^a

^a Geology, Geography and Environmental Department, University of Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid, Spain
^b International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria

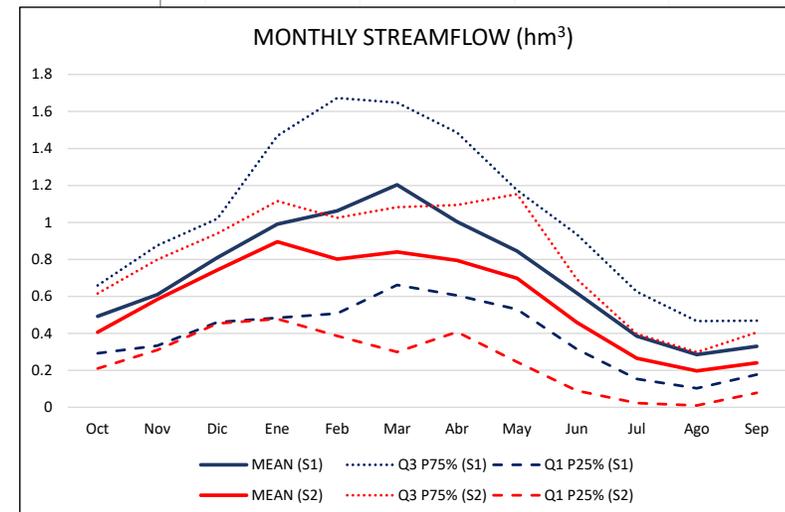
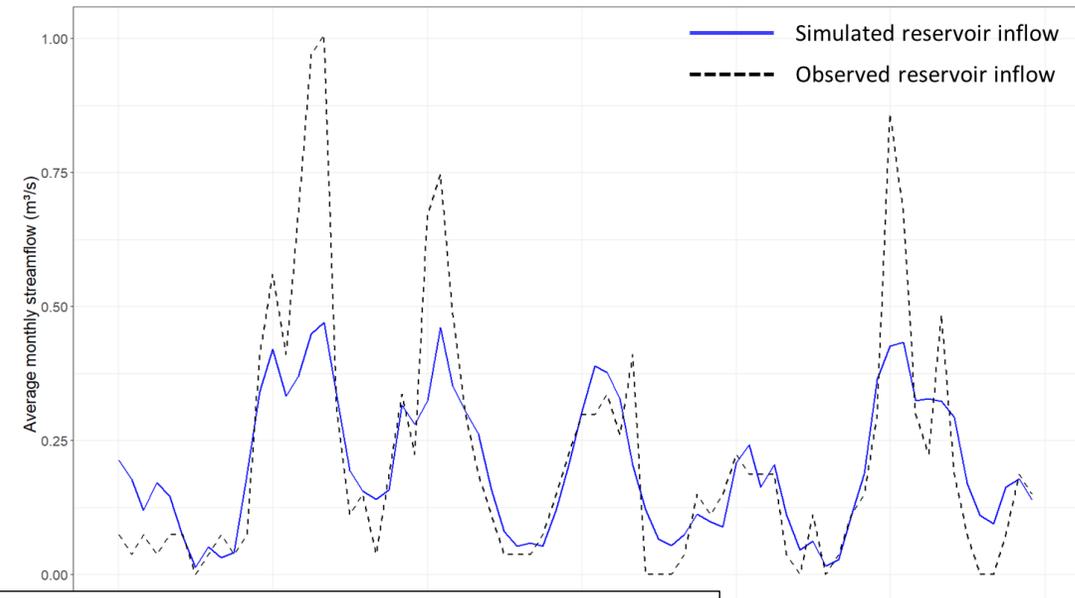
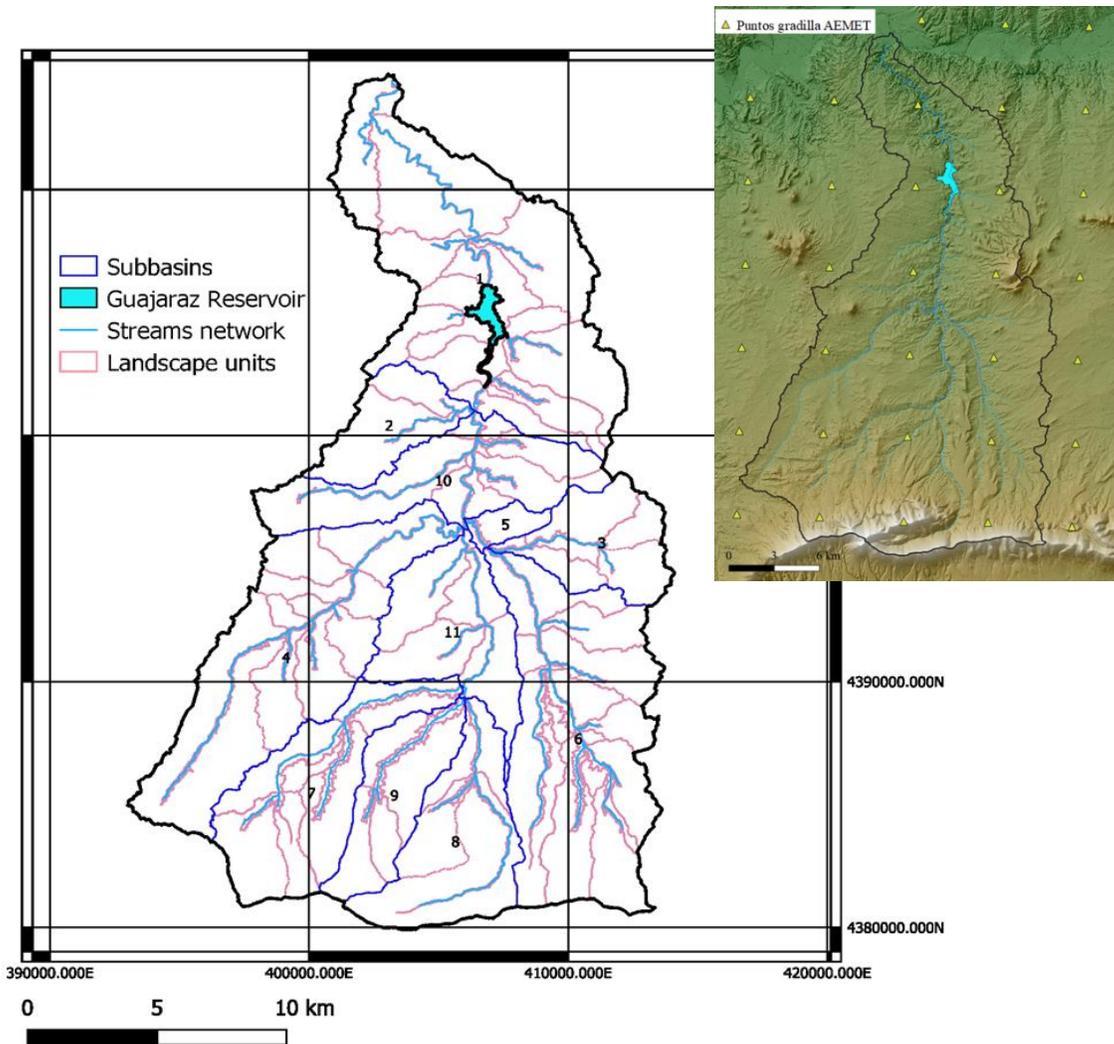
RÍO HENARES



- Quaternary alluvial sediments (gravels, conglomerates, sands and silts)
- Tertiary sedimentary rocks (sandstones, conglomerates, clays)
- Mesozoic sedimentary carbonated materials (limestones, dolomites, marlstones, gypsum)
- Paleozoic metamorphic materials (gneisses, shales, quartzites)
- Model subbasins



RÍO GUAJARAZ



¡MUCHAS GRACIAS!



Universidad
de Alcalá



CEAGU



Castilla-La Mancha



Cofinanciado por
la Unión Europea



PARQUE CIENTÍFICO
Y TECNOLÓGICO
DE CASTILLA - LA MANCHA



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



¡TAMBIÉN POR VUESTRA ATENCIÓN!

eugenio.molina@uah.es

 [@emolinanavarro](https://twitter.com/emolinanavarro)



 **EcoAvant.com**  @EcoAvant · 13 jun. ...

Greenpeace apoya recortar el riego en España para una transición hídrica justa y equitativa. Crucial garantizar la supervivencia de todos frente a la escasez de agua actual. 💧 🌍 #TransiciónHídricaJusta #RecursosHídricos #Sostenibilidad @greenpeace_esp



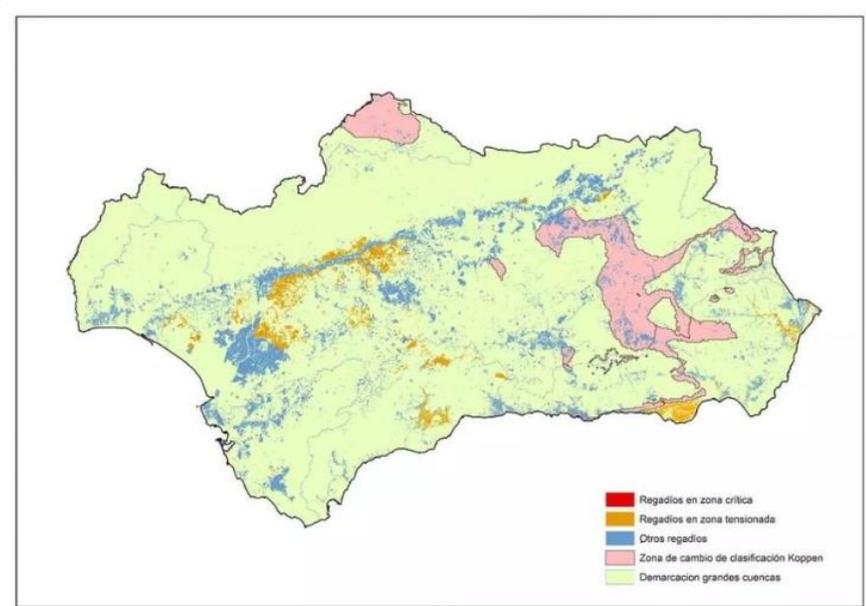
ecoavant.com

En España: "No hay agua para tanto regadío" - Ecoavant

Greenpeace considera "necesario" recortar el volumen de agua del regadío en España, "racionalizarlo" en aras de una "necesaria transici...

 **OBSERVATORIO SOSTENIBILIDAD**  @iSostenibilidad ...

Informe de #Greenpeace y Observatorio #Sostenibilidad la Burbuja del #regadio en España @greenpeace_esp @Greenpeace_And @iSostenibilidad @blogsostenible cordopolis.eldiario.es/cordoba-hoy/so...



- Regadíos en zona crítica
- Regadíos en zona tensionada
- Otros regadíos
- Zona de cambio de clasificación Köppen
- Demarcación grandes cuencas