

Contaminantes en el agua: la componente gris de la HH



Gloria Salmoral

Observatorio del Agua - CEIGRAM

Madrid 20 Octubre 2011

II Seminario Metodológico de Seguridad Hídrica y Alimentaria

Contenido

1. Introducción
2. Definición de la HH gris
3. Cálculo de la HH gris: contaminación puntual
4. Cálculo de la HH gris: contaminación difusa
5. Caso de estudio: análisis del agua verde, azul y gris en la zona baja del río Turia
6. Conclusiones

1. Introducción

El análisis de la Huella Hídrica en la **nueva instrucción de planificación hidrológica** (ORDEN MARM/2656/2008)

Mantener el **buen estado** cuantitativo, químico y ecológico de las masas de agua (Directiva Marco del Agua 2000/60/CE)

Fuentes de contaminación: puntual (vertidos industriales, EDARs, fugas aguas residuales) y difusa (lixiviado agricultura y ganadería)

2. Definición

$$WF_{grey}(\text{volumen} / \text{tiempo}) = \frac{L}{(C_{max} - C_{nat})}$$

L: Carga crítica de contaminante
(masa/tiempo)

C_{max} : estándar de calidad
ambiental (masa/volumen)

C_{nat} : concentración natural de
fondo (masa/volumen)

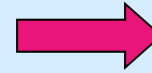
Volumen de agua necesario
para asimilar una **carga de
contaminantes** en base a
una **concentración natural**
de fondo y **estándares de
calidad ambiental**

- Producto, proceso, grupo
de consumidores o área
geográfica (Hoekstra et al.,
2009; 2011)

$$WF_{grey}(\text{volumen} / \text{unidad producto}) = \frac{WF_{grey}(\text{volumen} / \text{tiempo})}{\text{unidad producto} / \text{tiempo}}$$

- **Capacidad de asimilación => Volumen** de agua teórico, en la **realidad no existe**
- Qué estándar de calidad ambiental y concentración natural? => Cálculo **superficiales y subterráneas**
- Depende de la **calidad** del efluente al **ser vertido**, no antes de ser tratado
- Indicador de la **carga de contaminante** en el punto en que **entra** en una masa de agua. **NO** la carga de contaminante que es medida finalmente aguas abajo en un río o acuífero

HH gris total
(volumen/tiempo)



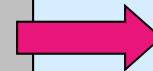
Caudal de
escorrentía, recarga
de acuífero



Capacidad
asimilación?



HH gris por unidad producto
(volumen/unidad producto)



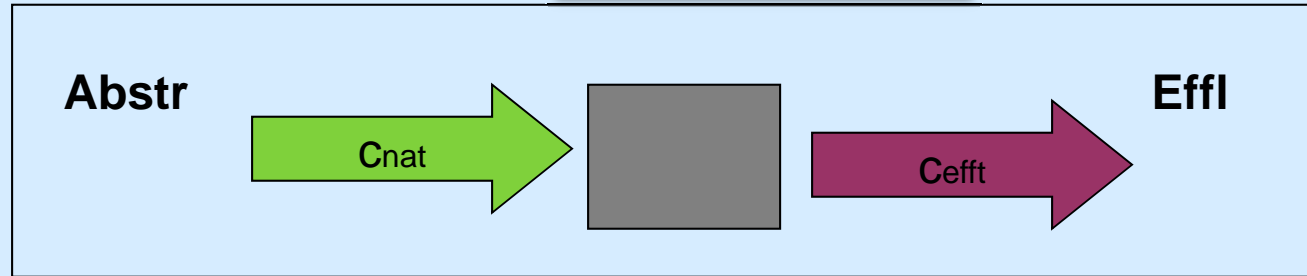
Cultivos
Productos
Proceso
Zona geográfica



Cuál presenta un mayor
potencial de
contaminación?

**Cómo proceder si existen
varios contaminantes?**

3. Cálculo de la HH gris: contaminación puntual



USO
CONSUNTIVO

$$WF_{grey} = \frac{L}{(C_{max} - C_{nat})} = \frac{Effl \times c_{eff} - Abstr \times c_{act}}{C_{max} - C_{nat}}$$

USO NO
CONSUNTIVO

$$WF_{grey} = \underbrace{\frac{C_{eff} - C_{act}}{C_{max} - C_{nat}}}_{\text{Factor de dilución}} \times Effl \quad (\text{volumen/tiempo})$$

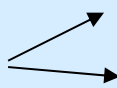
Factor de dilución

Effl: Volumen del efluente (volumen/tiempo)
 C_{eff} : concentración del contaminante en el efluente (masa/volumen)
 Abstr: Abstracción (volumen/tiempo)
 C_{nat} : concentración actual del punto de toma (masa/volumen)

4. Cálculo de la HH gris: contaminación difusa

1) Método fracción fija de lixiviado

$$WF_{grey} = \frac{L}{(C_{max} - C_{nat})} = \frac{\alpha \times Appl}{C_{max} - C_{nat}} \quad \text{(volumen/tiempo)}$$

α : fracción lixiviado (sin dimensión) 

- Pérdidas superficiales y zona raíces
- Atenuación contaminante hasta llegar a masa de agua

Appl: aplicación de agroquímico (masa/tiempo)

*excluye tipo de suelo, práctica agronómicas, hidrología en el suelo

La HH gris del N (m³/ton) de cultivos agrícolas

Cultivo	Agua gris (m ³ /ton)	N apl (Kg N/ha)	c _{nat} (mg N /l)	c _{max} (mg N/l)	Fracción lixiviado	Lugar	Estudio
Maíz	644	52	0.62	4	0.1	South Africa	Dabrowski et al. (2009)
	13	5	0	10	0.1	Indonesia	Bulsink et al. (2009)
Trigo	370	30	0.62	4	0.1	South Africa	Dabrowski et al. (2009)
	300	82	0	10	0.1	Italia	Aldaya and Hoekstra (2009)
Caña de azúcar	50	87	0.62	4	0.1	South Africa	Dabrowski et al. (2009)
Cítricos	121	84	0.62	4	0.1	South Africa	Dabrowski et al. (2009)
Algodón	287	13	0.62	4	0.1	South Africa	Dabrowski et al. (2009)
Tomate industrial	20	110	0	10	0.1	Italia	Aldaya and Hoekstra (2009)
Arroz	212	105	0	10	0.1	Indonesia	Bulsink et al. (2009)
	110	83	0	50 mg NO ₃	0.05	Global average	Chapagain and Hoekstra (2010)
Café	1000	70	0	10	0.1	Indonesia	Bulsink et al. (2009)

2) Método balance de nutrientes => exceso de N

$$WF_{grey}(Mm^3) = \frac{N_{surp} \times A \times 10^{-3}}{C_{max} - C_{nat}}$$

- N_{surp} : exceso de N (kg N/ha)
 - A: área (ha)

Tabla. Valor medio de la HH gris del N en m³/ton y Mm³ para España, período 1997-2008.


Sistema producción		m ³ /ton	Mm ³
Tomate	secano	810	
	regadío aire libre	150	550
	protegido	120	
Olivar	secano & protegido	200	1070

Fuentes: Chico et al. (2010), Salmoral et al. (2010)


3) Modelización de la carga de contaminación difusa

- Ciclo de nutrientes, hidrología, petrología e hidromorfología

5. Caso de estudio: La HH verde, azul y gris en la zona baja del río Turia



Disponibilidad y consumo del agua verde y azul dentro del ciclo hidrológico



Determinación del nitrógeno lixiviado para cada uno de los usos de suelo



SWAT

(Soil & Water Assessment Tool)

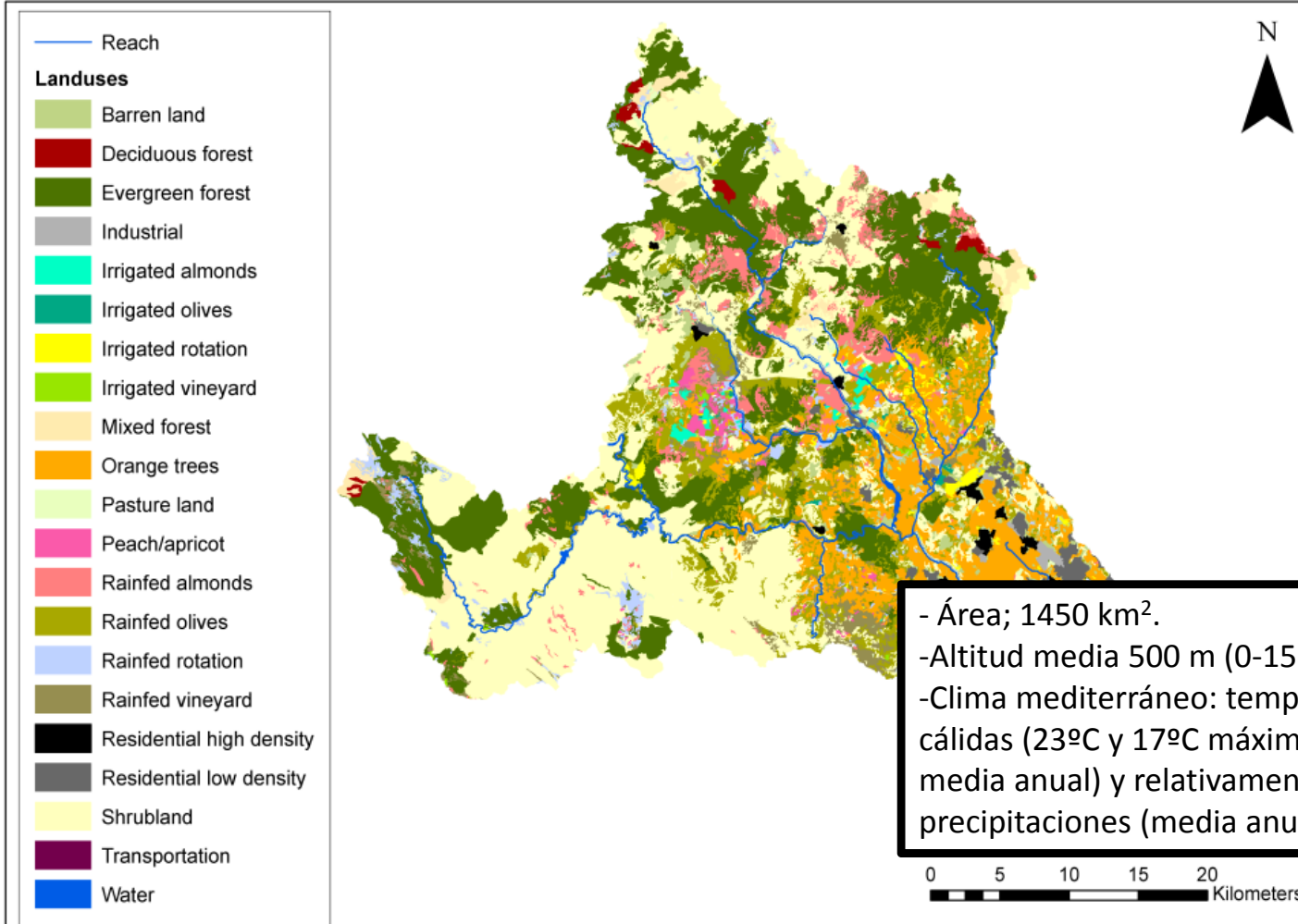
Simular hidrología, crecimiento de la planta, sedimentos, nutrientes y pesticidas (incluir prácticas agronómicas)

❏ Sitio de estudio

Usos de suelo



- 30% área en agricultura
 - 21.400 ha en regadío (naranja, hortícolas, melocotón/albaricoque, almendro, viñedo y olivar)
 - 27.900 ha en secano (olivar, almendro, viñedo, cereales y leguminosas)
- 32% matorral y 22% bosque coníferas
- 19 tipos de suelo



- Área; 1450 km².
- Altitud media 500 m (0-1580m)
- Clima mediterráneo: temperaturas cálidas (23°C y 17°C máxima y mínima media anual) y relativamente escasas precipitaciones (media anual 510 mm)

❑ Datos de entrada y configuración del modelo

- **Modelo digital del terreno (MDT)** tamaño de celda 25x25m
- **Mapa de cultivos y aprovechamientos 2008 y Corine Land Cover**
- **Temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación**
- **Mapa de suelos**
- **Contaminación puntual** procedente de estaciones depuradoras de aguas residuales (**EDARs**)
- Datos medios diarios del **punto de entrada** (embalse de Loriguilla)
- Parámetros de superficie y volumen del **embalse de Buseo**
- **Prácticas agronómicas: fecha siembra y cosecha, arado, riego, fertilización**
- **Consumo abastecimiento urbano**

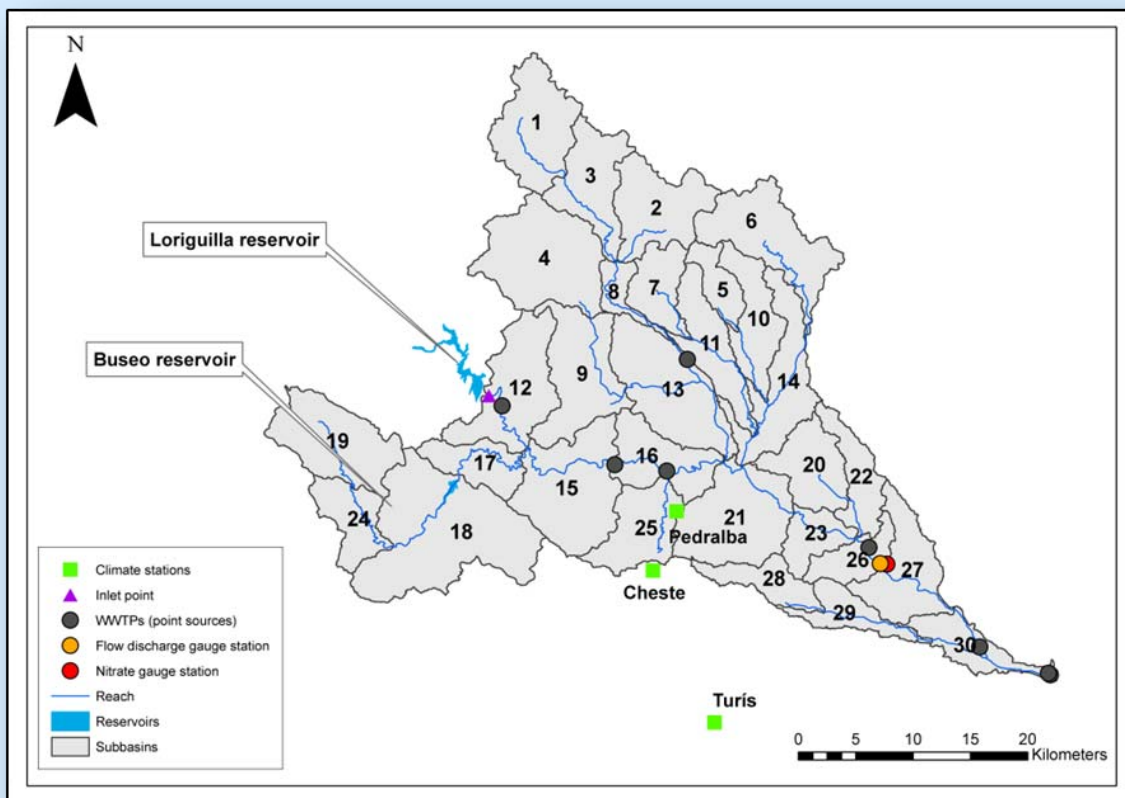


Figura. Configuración del modelo

❑ La huella hídrica dentro del ciclo hidrológico (mm /año o Mm³/año)

$$PREC + IRR = ESC + REC_AQ + ET + URB + E_s$$

PREC: precipitación

IRR: Agua de riego del acuífero confinado y recursos fuera de la cuenca

ESC: Escorrentía total

REC_AQ : Recarga del acuífero

ET: Evapotranspiración actual

URB: Consumo agua urbana

E_s: Evaporación desde embalses

❑ Cálculo agua verde y azul (mm/año o Mm³/año)

$$BW = ESC + REC_AQUI$$

$$GW = PREC - BW$$

$$BW_{cons} = E_s + ET_b + URB$$

$$GW_{cons} = \Delta GW_s + GW$$

BW: Agua azul disponible

BW_{cons}: consumo de agua azul

GW: Agua verde disponible

ET_b: Evapotranspiración de agua de riego

GW_{cons}: consumo de agua verde

ΔGW_s: variación reserva de agua en el suelo

❑ Cálculo agua gris

$$WF_{grey}(\text{volumen} / \text{tiempo}) = \frac{L_{NO_3^-}}{C_{max} - C_{nat}}$$

$L_{NO_3^-}$: carga de N
(en masa tiempo⁻¹)

Carga de nitratos

Superficial $\longrightarrow L_{NO_3sur} = (NSURQ + NLATQ + NO3GW) * Area$

Subterránea $\longrightarrow L_{NO_3^-}_{gr} = (NO3L) * Area$

NSURQ: Nitratos (kg N ha⁻¹) transportados por escorrentía superficial a la masa agua superficial

NLATQ: Nitratos (kg N ha⁻¹) transportados por flujo lateral a la masa agua superficial

NO3GW: Nitratos (kg N ha⁻¹) transportados por corriente subterránea a la masa agua superficial

NO3L: Lixiviado de nitrato (kg N ha⁻¹)

Area: superficie (ha)

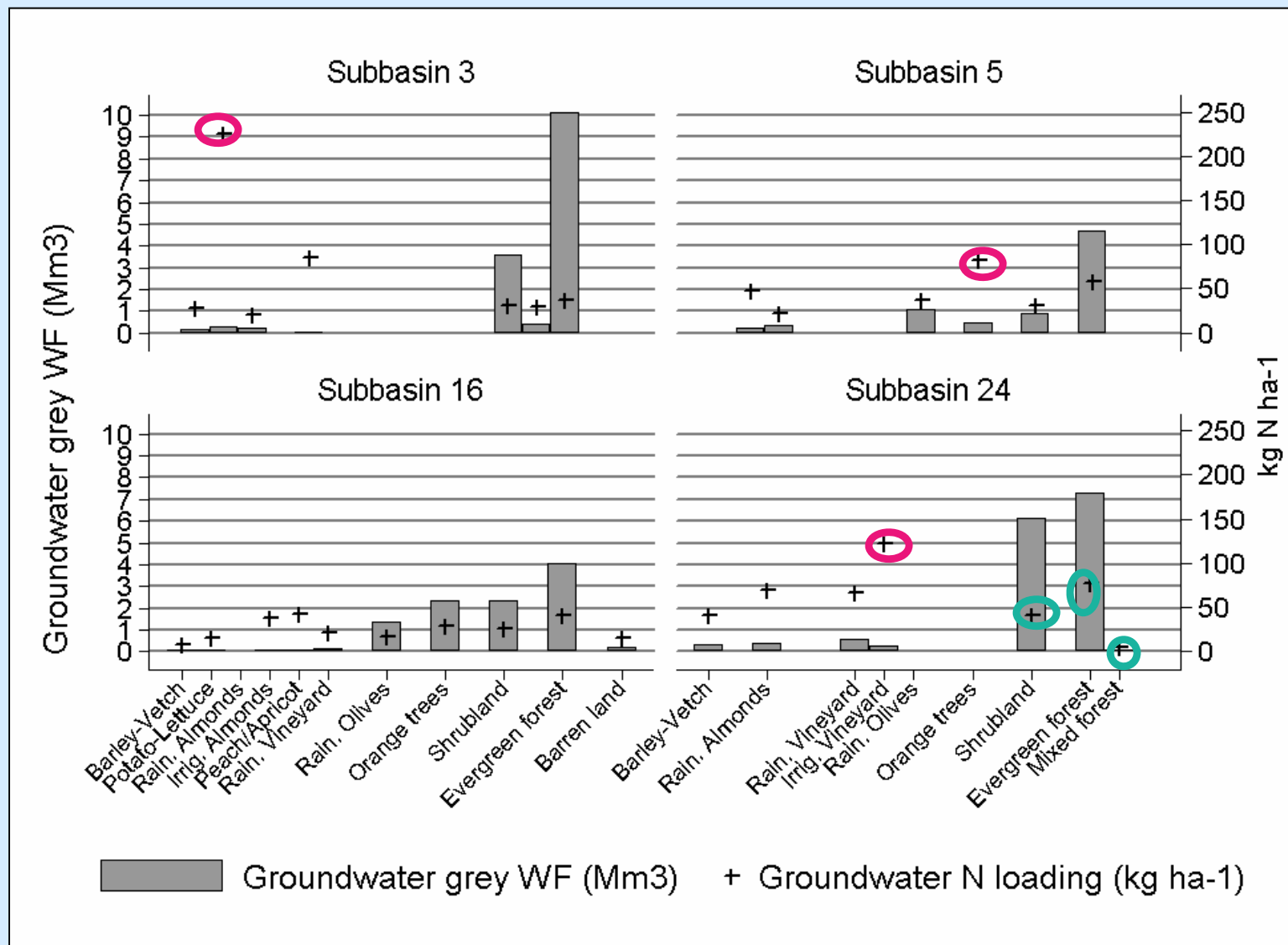
☐ Agua verde, azul, y gris en la cuenca

		2003	2004	2005
Agua azul disponible (Mm ³)	Esorrentía total	29	29	12
	Recarga acuífero	300	344	371
Agua azul consumida	Riego	72	71	82
	Abastecimiento urbano	17	28	28
	Evaporación embalse	0.3	0.3	0.3
Agua verde disponible (Mm ³)		562	466	349
Agua verde consumida		514	447	340
Total (agua azul + agua verde = precipitación) (Mm ³)		890	839	432

		2003	2004	2005
Agua gris (Mm ³)	superficial	8	7	5
	subterránea	305	315	233
Carga de N (kg N /ha)	L _{Nsuperficial}	0.6	0.6	0.4
	L _{Nsubterráneo}	24	24.8	18.3

Predominancia carga nitratos y agua gris en aguas subterráneas

Carga nitratos (kg N ha⁻¹) y agua gris (Mm³) a agua subterránea por usos de suelo para determinadas subcuencas (2004)



6. Conclusiones

- La importancia de caracterizar la **disponibilidad y consumo del recurso agua** no solo en **aspectos cuantitativos** (agua verde y azul) sino también con indicadores que muestren el **potencial contaminante** que ciertas actividades (agricultura, ganadería e industria) está generando
- La HH gris se centra en la carga de un **contaminante/s de una fuente externa** a una masa de agua. **No** considera **interacciones** entre contaminantes, **atenuación /acumulación natural** contaminante ni **destino** del contaminante
- La HH gris es un indicador que nos muestra la **capacidad de asimilación** de una masa de agua en base a un contaminante para un momento dado. Existirá una gran **variabilidad inter-, intranual** como **a lo largo de una misma masa de agua**.

6. Conclusiones

- **La metodología** empleada para la inclusión de la **HH dentro del ciclo hidrológico** es un estudio **novedoso** dentro de los estudios de HH realizados a día de hoy y puede ser útil para la aplicación de la **huella hídrica en la nueva instrucción de planificación hidrológica**
- Simulación de los **procesos hidrológicos** junto a **prácticas agronómicas y contaminación puntual** nos ayudan a tener una **visión de conjunto** en cuanto a disponibilidad y calidad recursos hídricos



Muchas gracias!

gloria.salmoral@upm.es