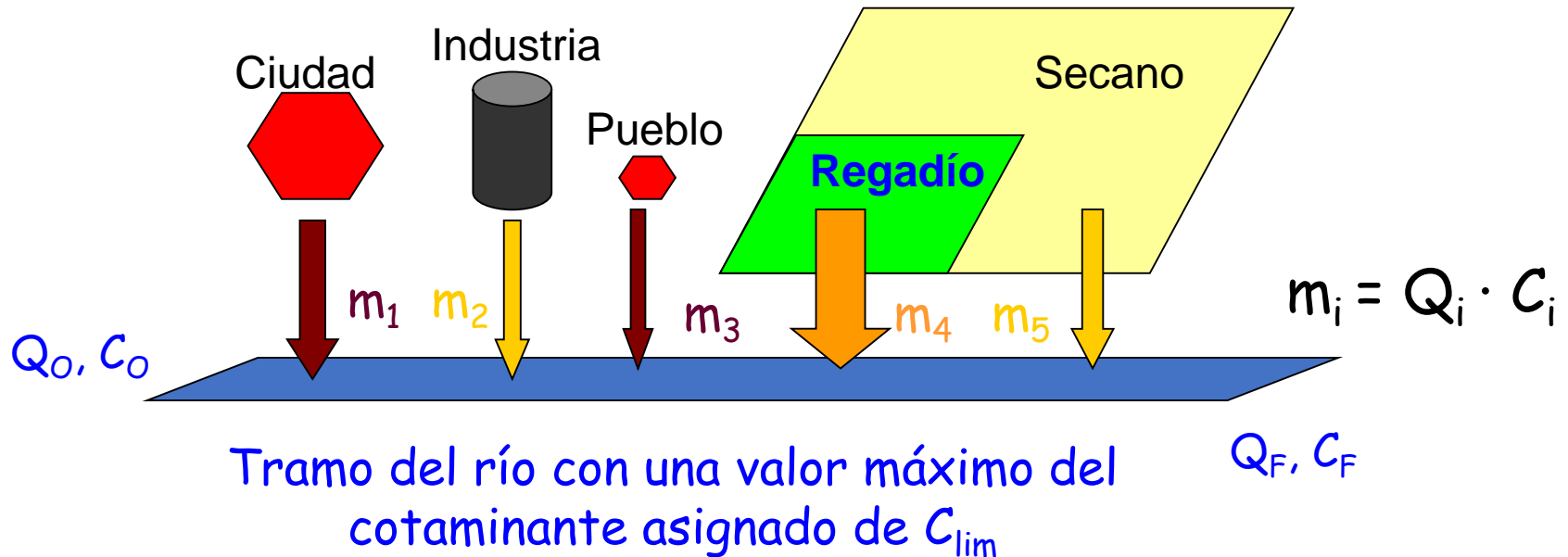


JORNADA DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL
Piloto replicador Aragón
19 de mayo de 2021

Cuenca Piloto de la masa de agua 164 Flumen

- ❑ Propuesta de control de las masas emitidas para cumplir con los criterios de calidad en la masa de agua ES091MSPF164
 - Descripción de la estrategia TMDL para el control de la contaminación
 - Definición de la masa de agua y criterios de calidad
 - Análisis del sistema Flumen: balance de masas
 - Masas máximas admisibles (TMDL) en los retornos de riego - DRENAJE
 - Asignación de las masas a las distintas fuentes de contaminación (desagües)
 - Seguimiento y estrategias de manejo (BMP)

- Propuesta de normas de calidad basadas en masas
- Aproximación basada en el modelo TMDL de Estados Unidos (Total Maximum Daily Loads = Cargas Máximas Totales Diarias - Admisibles)



$$C_F = \frac{C_0 \cdot Q_0 + m_1 + \dots + m_5}{Q_F}$$

Asignar las " m_i " de manera que sea $C_F < C_{lim}$

Distribuir entre los usuarios identificados dentro de la cuenca (núcleos urbanos, usuarios agrícolas e industriales, Comunidades de Regantes...) la masa de contaminante que pueden aportar de manera que se mantenga la calidad asignada para el tramo de río receptor

TMDL "Total Maximum Daily Loads" \approx Cargas máximas admisibles

El modelo TMDL de la USEPA

□ TMDL = Total Maximum Daily Loads

★ Total Maximum Daily Load (TMDL) se define como la cantidad total de cualquier contaminante que puede recibir una masa de agua y mantener sus niveles admisibles de calidad para ese contaminante. Los niveles admisibles de calidad se establecen para proteger y mantener ciertos usos designados para las masas de agua, incluyendo consumo humano, pesca, recreo o riego

★ *The **Clean Water Act** (Federal Water Pollution Control Amendments, 1972)*

★ El modelo TMDL se ha aplicado a sedimentos, patógenos, nutrientes, salinidad (CE y TDS), selenio, plaguicidas, pH...

□ Pasos en el desarrollo de un TMDL

★ Establecer los criterios de calidad admisibles para cada contaminante en una masa de agua (WQ standards) a partir de sus usos designados

★ Identificar todas las fuentes, difusas y puntuales, del contaminante y asignar la carga máxima admisible para cada contaminante par cumplir con los criterios designados con un margen de seguridad

★ Controlar, revisar y reasignar las cargas asignadas si fuera necesario

❑ Aplicación en el río Flumen:
concentraciones y masas de N

➤ Sistema: cuenca del
Flumen. Definición de las
NCA → DMA

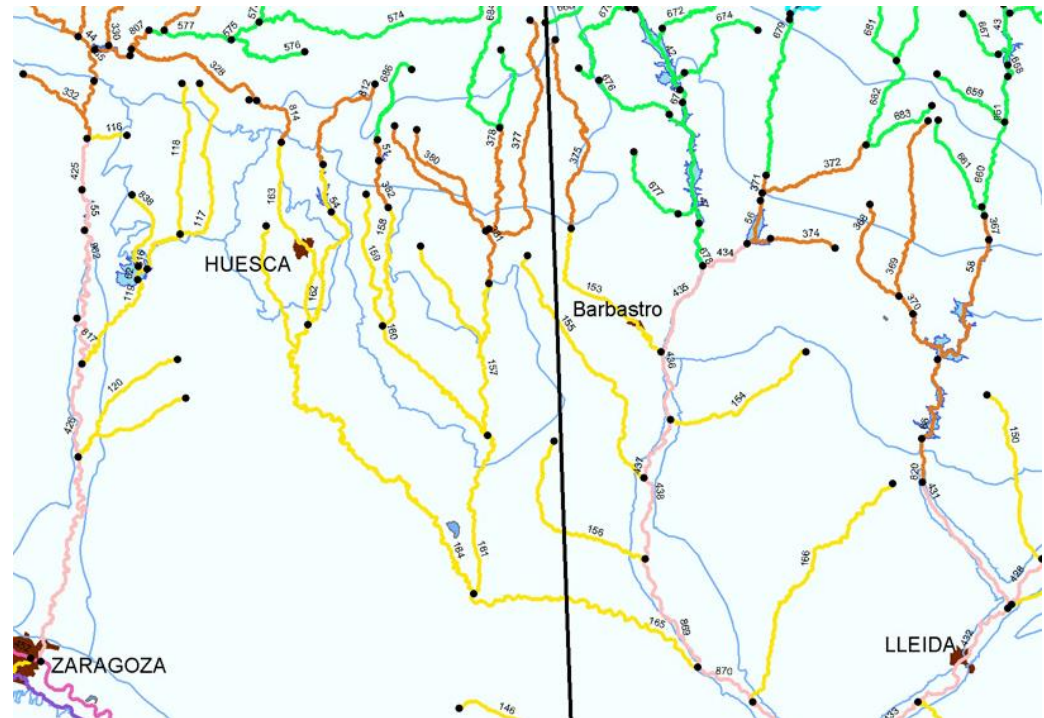
Masa de agua*:

164 (ES091MSPF164)

Río Flumen desde el río Isuela hasta
su desembocadura en el río
Alcanadre

Tipo de río:

R-T09. Ríos mineralizados de baja
montaña mediterránea



Masas de agua superficial

Fuente: Plan hidrológico de la cuenca del Ebro (CHE)

RD 817/2015	Límites de cambio de clase de estado			
R-T09	Muy bueno	Bueno	Moderado	Deficiente
NH ₄ (mg NH ₄ /L)		0.2	0.6	
PO ₄ (mg PO ₄ /L)		0.2	0.4	
NO ₃ (mg NO ₃ /L)		10	25	

* Plan Hidrológico de la parte española de la DH del EBRO (2015-2021). Anexo XII
BOE nº16, martes 19 de enero de 2016, p. 4103-4301

□ Aplicación en RAA: concentraciones y masas de N

➤ Sistema: cuenca del Flumen



Leyenda

- ▲ Estaciones meteorológicas AEMET
- Estaciones de aforo CHE
- Estaciones de calidad (red CEMAS)
- Canales principales
- Ríos principales
- Términos municipales
- CR en la zona de estudio
- CR aguas arriba
- Cuenca del Flumen

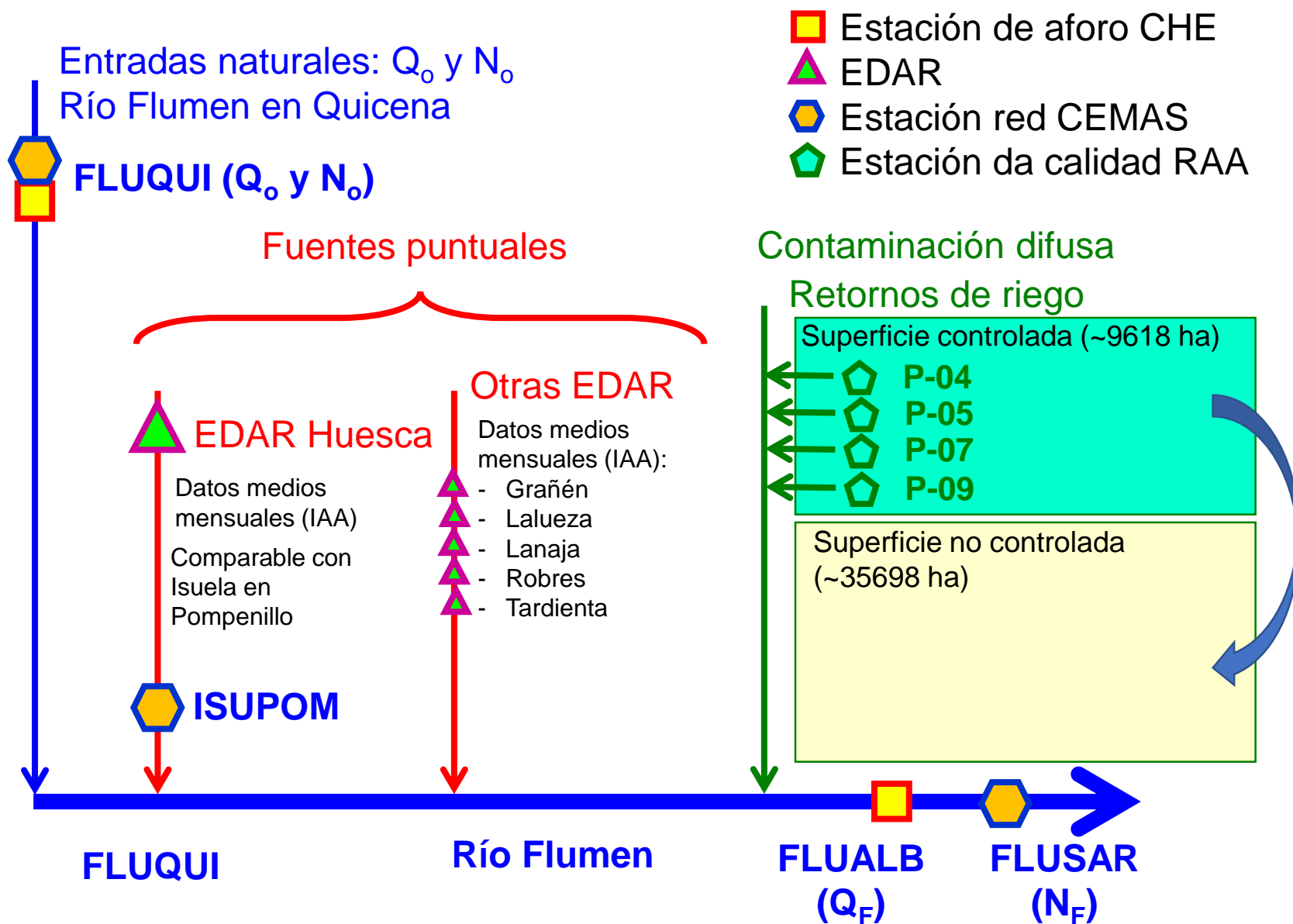
S(regada) = 38691 ha

S(regable) = 45316 ha

S(secano) = 67704 ha

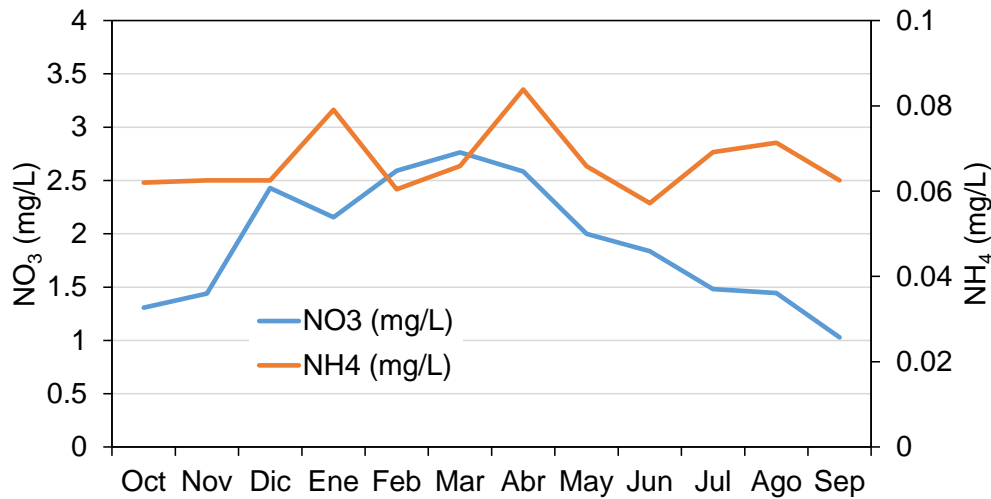
Aplicación en RAA: concentraciones y masas de N

Cuenca del Flumen. Representación sinóptica

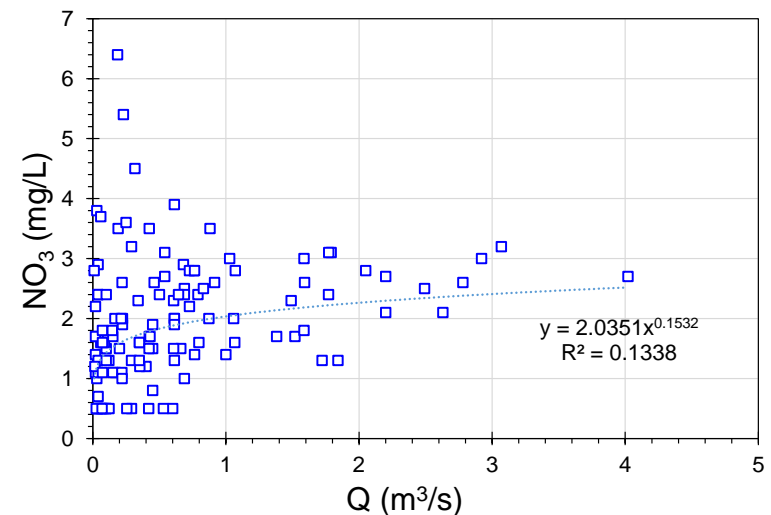
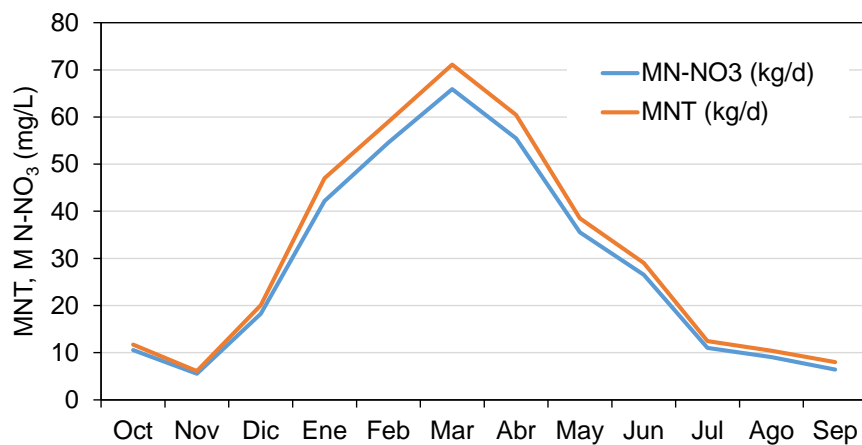


❑ Balance de masas en Flumen- RAA: concentraciones y masas de N

➤ Entradas de la cabecera de la cuenca (Flumen en Quicena):

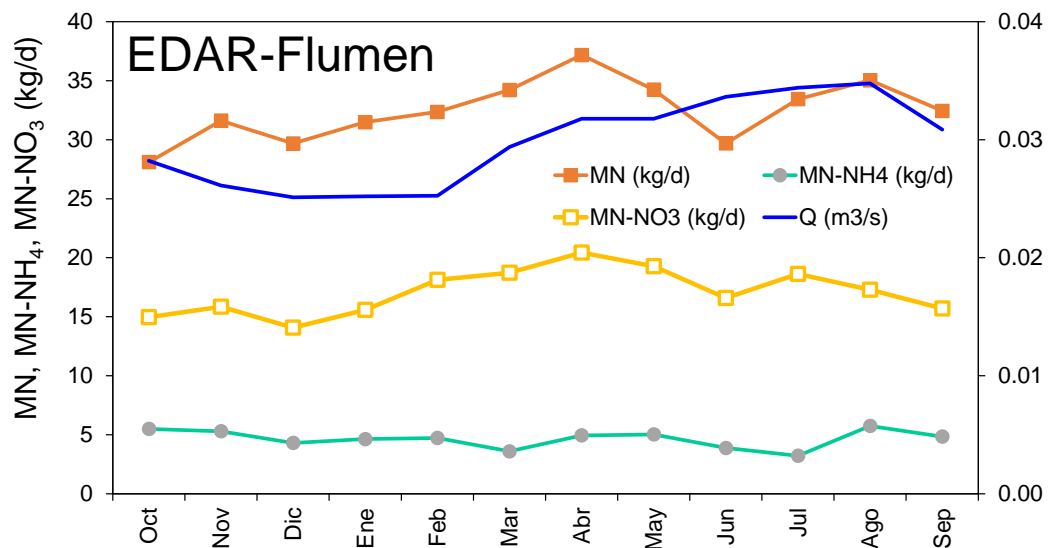
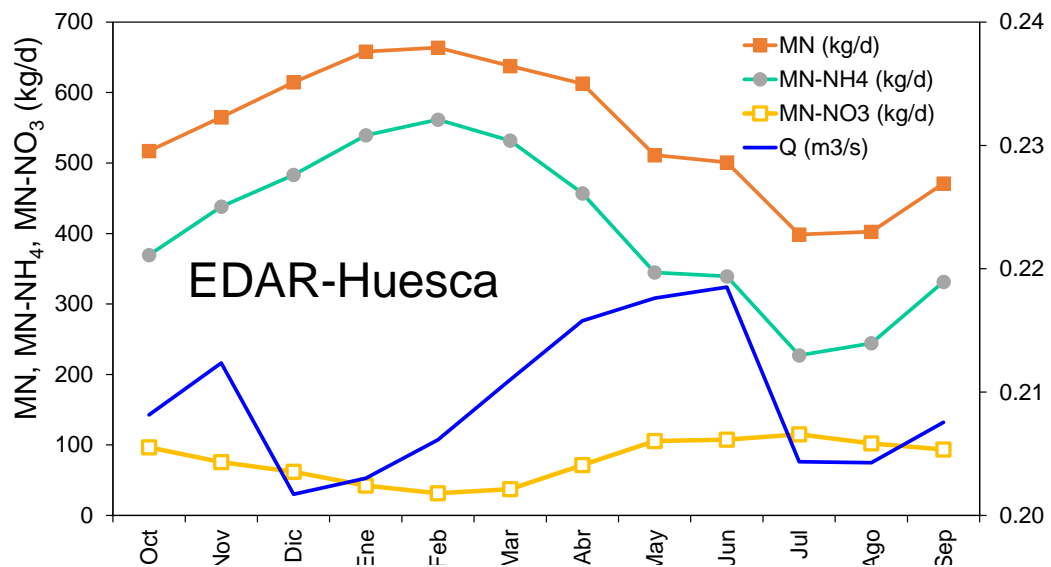


- ★ Las MN en forma de NO₃ son muy superiores a las de NH₄
- ★ $MN_{Flu-Qui} = 32.6 \text{ kg/d}$ muy inferior a los aportes de las EDAR: Flujo Diluyente
- ★ Relación N-Q débil: las estimas de MN_0 son poco fiables, pero se trata de una masa muy baja



Balance de masas en Flumen- RAA: concentraciones y masas de N

Aguares residuales urbanas:



Las MN de las estaciones menores no se pueden dejar de tener en cuenta, medias:

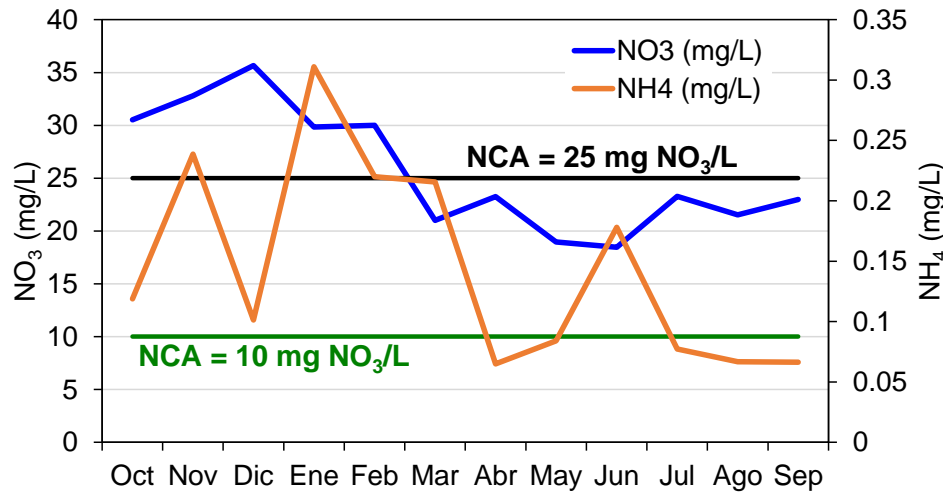
$MN_{Flumen} = 32.5 \text{ kg/d}$ y $MN_{Huesca} = 546.1 \text{ kg/d}$

Las aportaciones de Huesca son 17 veces superiores al resto

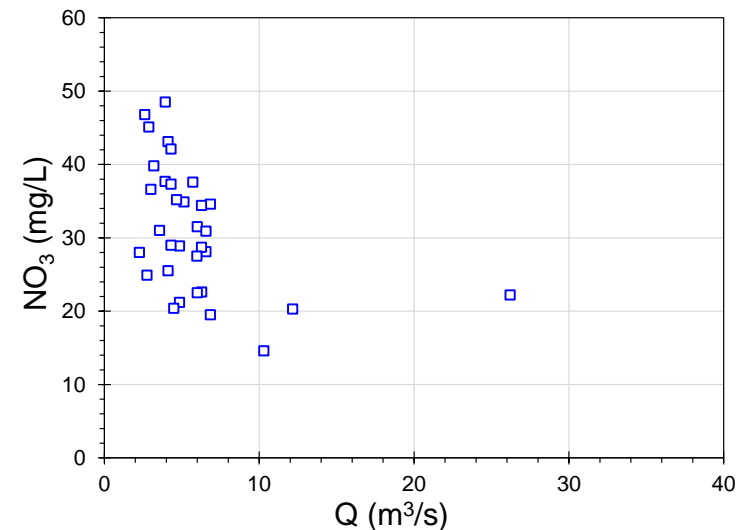
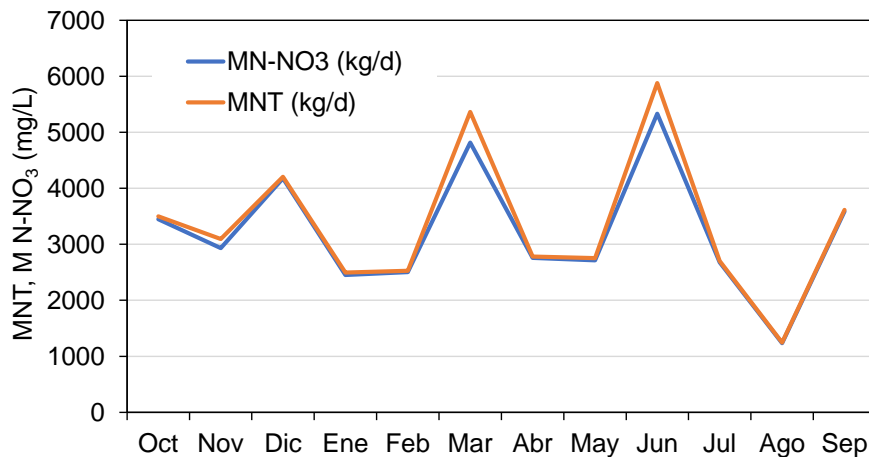
En Huesca la forma de N dominante es el NH₄, pero en las otras estaciones es el NO₃ (indicación de un origen no puramente urbano de las AR o de una oxigenación más rápida de las AR)

Balance de masas en Flumen- RAA: concentraciones y masas de N

Salidas del sistema (Flumen en Albalatillo / Sariñena):



- ★ Las MN en forma de NO₃ son muy superiores a las de NH₄ (96% del NT como N-NO₃)
- ★ $MN_{Flu-Qui} = 3340.26 \text{ kg/d}$ refleja una gran aportación del drenaje (MN_D)
- ★ Relación N-Q: efecto dilución con Q –drenaje diluyente



- ❑ Propuesta de control de las masas emitidas para cumplir con los criterios de calidad en la masa de agua ES091MSPF164
 - Aplicación a la masa de N
 - Todo el N en forma de NO_3 (Entradas importantes de N-NH_4 de las EDAR; pero en Albalatillo $\text{N-NO}_3/\text{NT}=96\%$ y $\text{N-NH}_4/\text{NT}=4\%$)
 - Sin considerar transformaciones dentro del sistema ni absorción por los cultivos de ribera → Mejora de las estimaciones con un conocimiento más profundo o mediante la modelización del sistema
 - Entradas:
 - Río Flumen en Quicena (Q_0 , MN_0):
 - ⊗ $1.9 \text{ mg NO}_3/\text{L}$; $MN=28.1 \text{ kg N/d}$; $Q_{\text{md}}=0.90 \text{ m}^3/\text{s}$
 - Entradas puntuales, EDAR (Q_{AR} , MN_{AR}):
 - ⊗ EDAR-Huesca: 30.2 mg NT/L ; $MN= 546.1 \text{ kg/d}$ (14% N-NO_3 y 74% N-NH_4); $Q_{\text{md}}=0.21 \text{ m}^3/\text{s}$
 - ⊗ EDAR-Flumen: 12.9 mg NT/L ; $MN= 32.5 \text{ kg/d}$ (52% N-NO_3 y 15% N-NH_4); $Q_{\text{md}}=0.03 \text{ m}^3/\text{s}$
 - Aguas de drenaje del regadío-secano (Q_D , MN_D)
 - ⊗ Conocimiento limitado de Q_D y MN_D (seguimiento de cuencas por RAA)
 - ⊗ Establecer el valor máximo admisible de MN_D ... según Q total

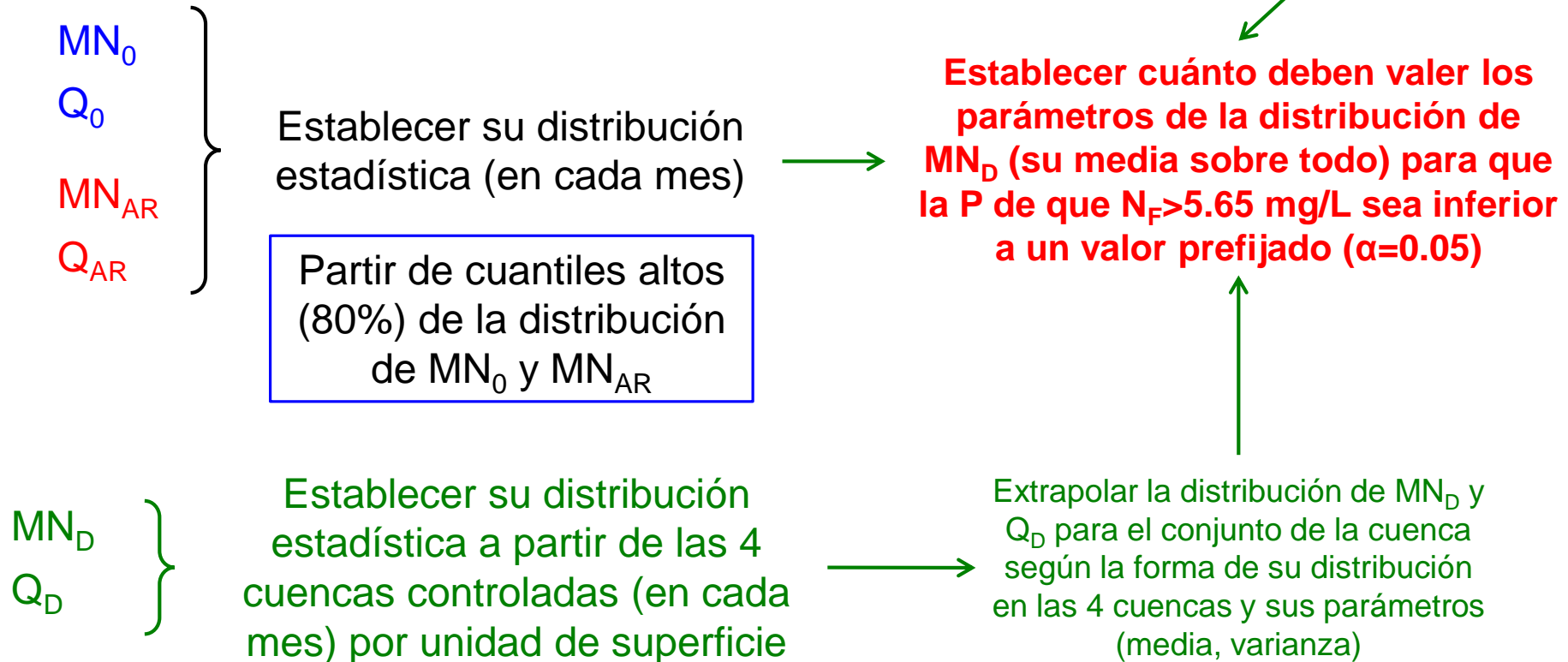
- ❑ Propuesta de control de las masas emitidas para cumplir con los criterios de calidad en la masa de agua ES091MSPF164
 - En lugar de una evaluación de cuánto podría aportar cada fuente se ha optado por dar valores mayorados a FQ (MN_0) y EDAR-Huesca y EDAR-Flumen (MN_{AR}) y cuantificar el límite para la masas de N aportada por el drenaje (MN_D) según el caudal total de salida ($Q_0 + Q_{AR} + Q_D$) que se espera pueda disminuir al reducirse, especialmente, Q_D en el futuro
 - Aplicación por separado en cada mes (menor dispersión de los valores estadísticos de masas y caudales, más cercanos a la normalidad)
 - Contribución de MN_0 y MN_{AR} mayoradas (cuantil del 80%) –sin variar su caudal
 - Caudal total de salida (Q_F): fracción del caudal actual 60%-80%-100%
 - Objetivo de calidad a cumplir: $NCA = 10 \text{ mg NO}_3/\text{L}$ o $NCA = 25 \text{ mg NO}_3/\text{L}$ considerando todo el N en forma de NO_3 :
 - ⊗ $NCA = 2.26 \text{ mg N-NO}_3/\text{L}$ o $NCA = 5.56 \text{ mg N-NO}_3/\text{L}$
 - ⊗ Valores medios diarios: Probabilidad de que algunos valores diarios excedan el límite

□ Aplicación en RAA: concentraciones y masas de N

➤ Cuenca del Flumen. Relación entre las fuentes y calidad del agua (NO_3)

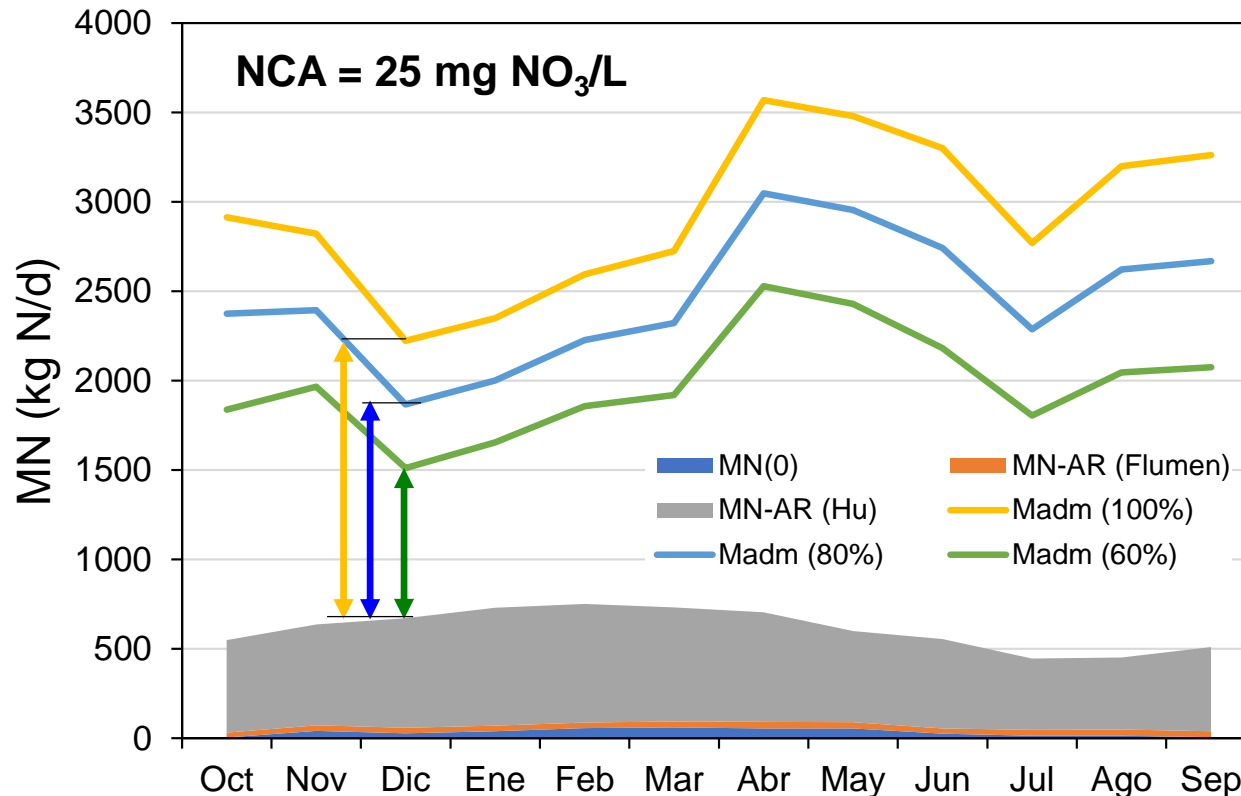
$$[N - \text{NO}_3]_F = N_F = \frac{MN_F}{Q_F} = \frac{MN_0 + MN_D + MN_{AR}}{Q_0 + Q_D + Q_{AR}}$$

Objetivo: $N_F \leq 5.65 \text{ mg } N - \text{NO}_3/\text{L}$



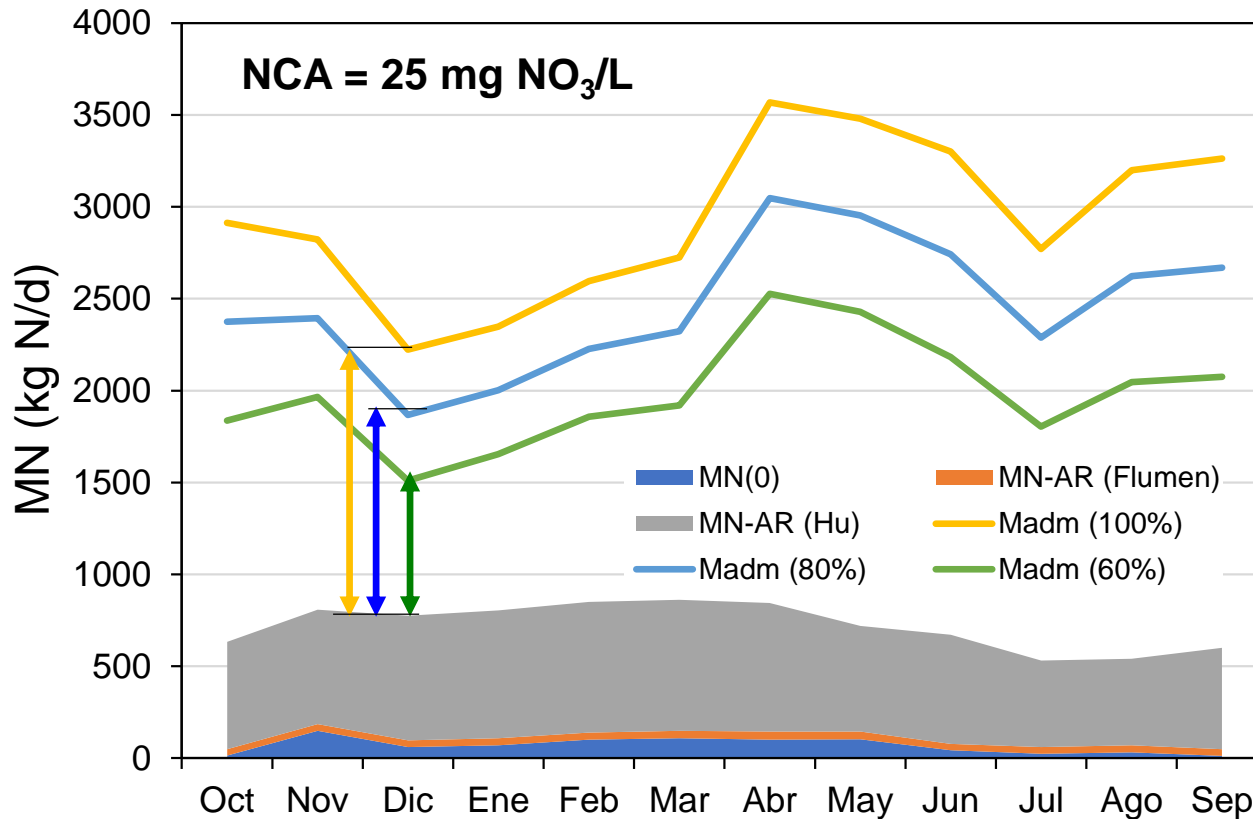
❑ Balance de masas en Flumen- RAA: concentraciones y masas de N

- Balance por meses: masa admisible en cada mes
- MN_D admisible tomando como caudal de los retornos (Q_D) los que se registran actualmente en Albalatillo (60%-80%-100%)
- Con MN_0 y MN_{AR} sin mayorar



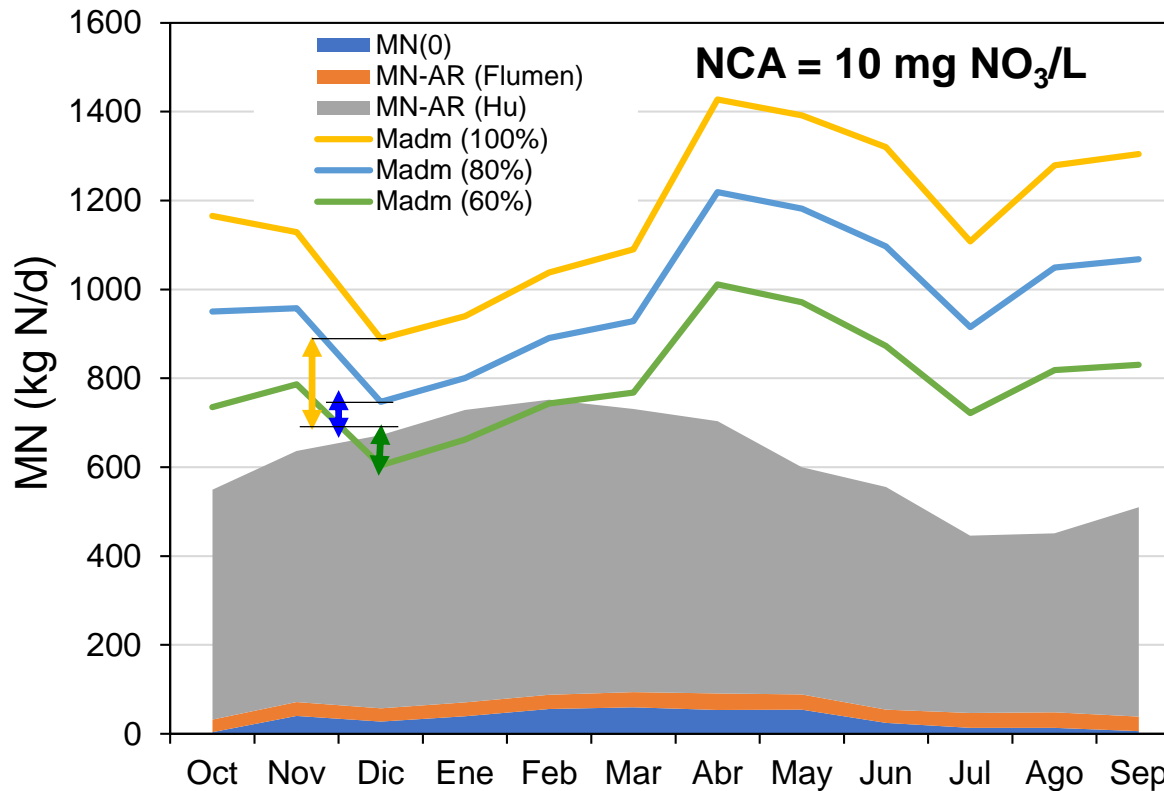
❑ Balance de masas en Flumen- RAA: concentraciones y masas de N

- Balance por meses: masa admisible en cada mes
- MN_D admisible tomando como caudal de los retornos (Q_D) los que se registran actualmente en Albalatillo (60%-80%-100%)
- Utilizando los cuantiles del 80% para MN_0 y MN_{AR}



❑ Balance de masas en Flumen- RAA: concentraciones y masas de N

- Balance por meses: masa admisible en cada mes
- MN_D admisible tomando como caudal de los retornos (Q_D) los que se registran actualmente en Albalatillo (60%-80%-100%)
- Con MN_0 y MN_{AR} sin mayorar



□ Asignación de las masas exportables a cada fuente contaminante

➤ Aportes urbanos y de cabecera fijos (cuantil 80%) y determinación en cada mes de la MN admisible en el drenaje (retorno de riego y seco) — de acuerdo con la DMA (desglose de las aportaciones entre las diferentes fuentes contaminantes, distinguiendo, al menos, usos industriales, agrícolas y urbanos)

⊗ Proporcional a la superficie total (S_k)

⊗ Proporcional a la superficie de regadío (SR_k)

⊗ Proporcional a las superficies de seco y regadío ponderadas (SR_k y SS_k)

$$\left. \begin{array}{l} \text{Masa de } N \text{ admisible (objetivo): } MN_D \\ \text{Sub - cuenca } k: S_k = SR_k + SS_k \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} MN_k = \frac{S_k}{S_{total}} \cdot MN_D \\ MN_k = \frac{SR_k}{SR_{total}} \cdot MN_D \\ MN_k = \frac{f_s \cdot SS_k + f_r \cdot SR_k}{SS_{total}} \cdot MN_D \quad (f_s + f_r = 1) \end{array} \right.$$

□ Asignación de las masas exportables a cada fuente contaminante

	Sobre Superficie total			Sobre Superficie regada		
	MN_D (kg N/ha/d)			MN_D (kg N/ha/d)		
%Q Flumen	100%	80%	60%	100%	80%	60%
Oct	0.020	0.015	0.011	0.050	0.038	0.027
Nov	0.018	0.014	0.010	0.044	0.035	0.026
Dic	0.013	0.010	0.007	0.032	0.024	0.016
Ene	0.014	0.011	0.008	0.034	0.026	0.019
Feb	0.015	0.012	0.009	0.038	0.030	0.022
Mar	0.016	0.013	0.009	0.041	0.032	0.023
Abr	0.024	0.020	0.015	0.060	0.049	0.037
May	0.024	0.020	0.015	0.061	0.049	0.038
Jun	0.023	0.018	0.013	0.058	0.046	0.033
Jul	0.020	0.016	0.011	0.049	0.039	0.028
Ago	0.024	0.018	0.013	0.059	0.046	0.033
Sep	0.024	0.018	0.013	0.059	0.046	0.033

❑ Asignación de las masas exportables a cada fuente contaminante

	Sobre Superficie regada			Cuencas de regadío en Flumen			
	MN_D (kg N/ha/d)			MN_D (kg N/ha/d)			
%Q Flumen	100%	80%	60%	P-04	P-05	P-07	P-09
Oct	0.050	0.038	0.027	0.019	0.007	0.009	0.132
Nov	0.044	0.035	0.026	0.021	0.013	0.021	0.117
Dic	0.032	0.024	0.016	0.022	0.010	0.012	0.110
Ene	0.034	0.026	0.019	0.015	0.010	0.010	0.087
Feb	0.038	0.030	0.022	0.020	0.012	0.012	0.071
Mar	0.041	0.032	0.023	0.030	0.016	0.015	0.074
Abr	0.060	0.049	0.037	0.027	0.012	0.011	0.078
May	0.061	0.049	0.038	0.016	0.007	0.009	0.085
Jun	0.058	0.046	0.033	0.015	0.007	0.037	0.121
Jul	0.049	0.039	0.028	0.016	0.006	0.012	0.113
Ago	0.059	0.046	0.033	0.020	0.013	0.018	0.125
Sep	0.059	0.046	0.033	0.020	0.018	0.020	0.138
			S (ha)	1618.0	1995.5	2021.5	3983.4

□ Seguimiento

- Necesidad de determinar las *CARGAS EXPORTADAS* por los desagües
 - ⊗ Muestreo de N (diario) + Medición de caudal
 - ⊗ Red de aforo y muestreo (caro y complejo)
 - ⊗ Sin considerar transformaciones dentro del sistema: la caracterización o modelización de esos procesos podría ayudar a refinar las MN objetivo
- Determinación de la intensidad de muestreo
 - ⊗ Frecuencia de muestreo y número de muestras al año
 - ⊗ Horas adecuadas de muestreo
- Re-evaluación de las masas asignadas en función de los resultados del seguimiento (incumplimiento de las NCA → re-asignación de las masas asignadas o implementación de BMPs u otras estrategias de disminución)

- ❑ Control de la contaminación: prácticas para reducir las exportaciones de N
 - Ajustar las dosis de N a las necesidades de los cultivos en cantidad y oportunidad
 - ⊗ Ajustar las dosis (totales) a las necesidades del cultivo
 - ⊗ Aplicación en el momento justo y en la cantidad justa: Fertirriego
 - Aportaciones de N orgánico:
 - ⊗ Aplicación uniforme sobre una superficie suficiente (evitar aplicaciones puntuales excesivas)
 - ⊗ Evitar pérdidas durante el almacenamiento
 - ⊗ Tener en cuenta las aportaciones orgánicas para reducir las dosis minerales
 - El seguimiento debe ser capaz de detectar si la aplicación de BMPs o la implementación de otras acciones (filtros verdes e.g.) se refleja en las salidas de N → Seguimiento a LARGO PLAZO



GRACIAS