

SEMINARIO

Síntesis de resultados de los Convenios CHE-CITA: La Red de Control de Calidad Ambiental de Regadíos en la Cuenca del Ebro

Red de Control de los Regadíos de la Cuenca del Ebro: Síntesis de resultados

Daniel Isidoro

disidoro@aragon.es

**Unidad de Suelos y Riegos
(Unidad Asociada EEAD-CSIC)
CITA-DGA**

- ❑ Introducción: Cuencas seleccionadas
- ❑ Balance hidrosalino (Salinidad)
 - Balance de agua (manejo del riego)
 - Concentraciones y masas exportadas
- ❑ Nutrientes
 - Aplicaciones de N en la fertilización
 - Concentraciones y masas exportadas de N
 - Fósforo
- ❑ Consideraciones sobre la metodología
 - Limitaciones y líneas de actuación futuras
- ❑ Conclusiones

❑ Objetivo

- Impacto ambiental de las actividades agrarias en la Cuenca del Ebro (Salinidad y NO_3)
- Balances de masas (agua, sales y salidas de N)

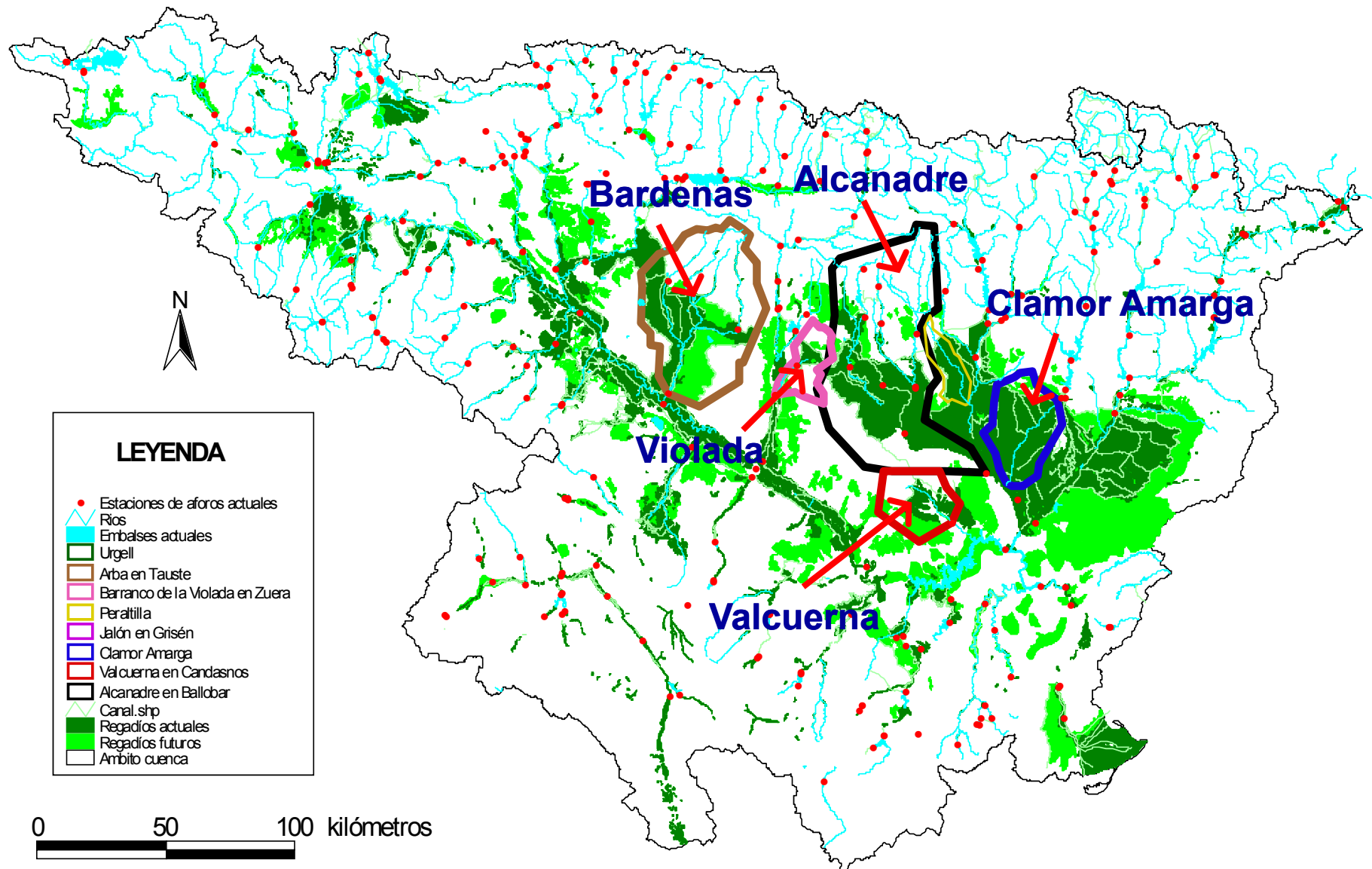
❑ Desarrollo de la Red de Control

- Arba → ER 2004 (hasta 2009 en el CITA)
- ...+ Violada → ER 2005
- ...+ Alcanadre → ER 2007
- ...+ Clamor Amarga + Valcuerna → ER 2009

❑ Trabajos relacionados

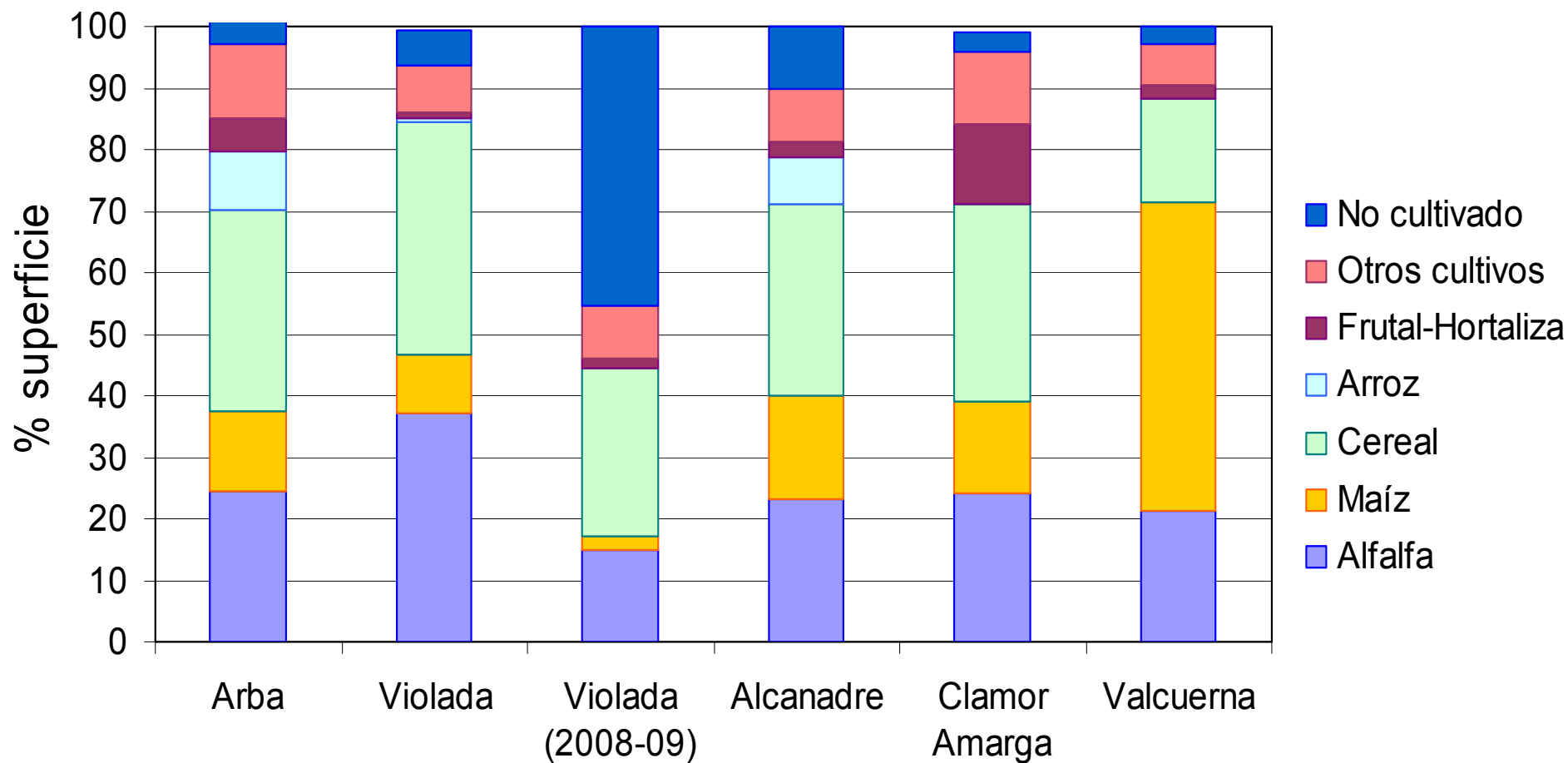
- Aguas superficiales, tendencias, comparaciones

□ Cuencas de estudio: RAA (3), RB (1), CAyC (1)



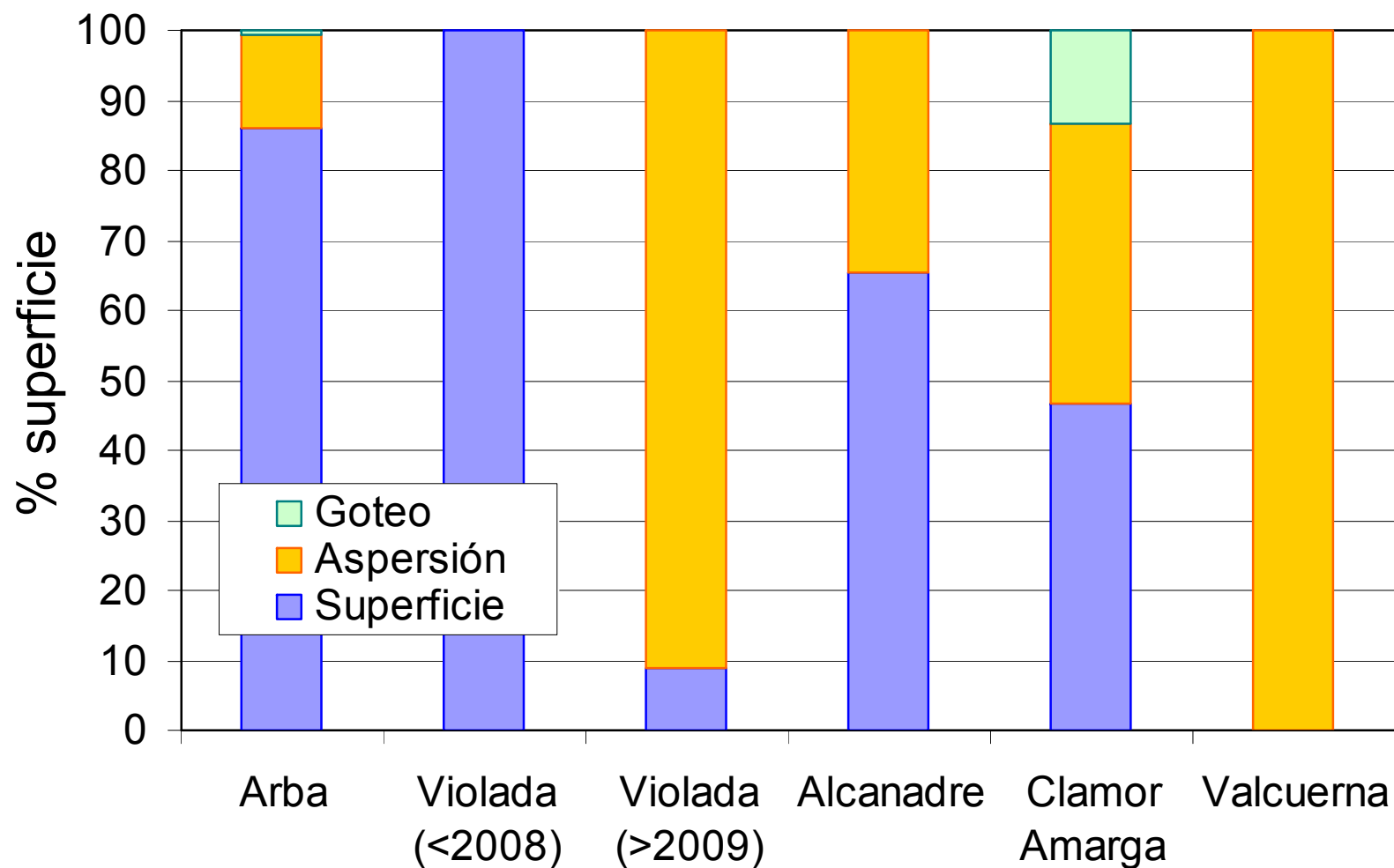
❑ Caracterización de las zonas: Cultivos

- Cultivos dominantes: Alfalfa, cereal y maíz
- Arroz (Arba y Alcanadre), Frutales (Clamor), Maíz (Valcuerna)
- Violada 2008-2009 → Transformación superficie-aspersión

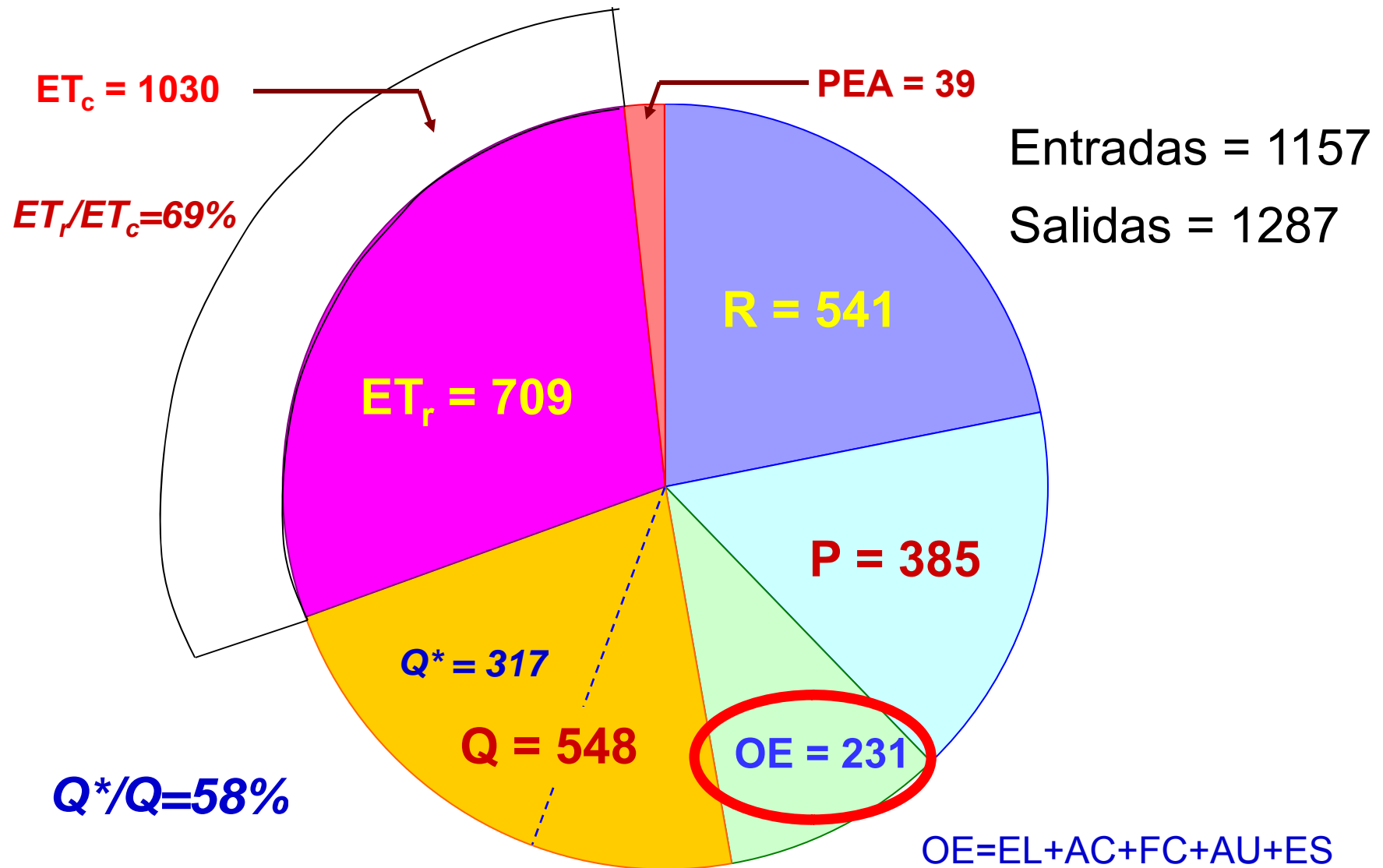


❑ Caracterización de las zonas: Riego

- Superficie y aspersion (% variables)
- Aspersion ↑ : Alcanadre (32 a 38% en 2008-10) y Arba



□ Balance de agua (mm)



□ Balance de agua

Balance negativo en general... (6n)

	←	FC								
	Superficie	Transformación		Aspersión	Alcanadre			Clamor	Valcuerna	
	2007	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2010	2010	
R	570	500	283	279	534	665	682	551	809	
P	369	363	538	451	366	414	358	312	290	
OE	68	87		188	284	325	343	15	35	
Q	555	548		190	517	663	716	152	393	
ET _r	588	579	579	618	700	834	829	724	926	
PEA	0	0	8	32	27	31	29	41	104	
ΔW	-136	-177	-226	78	-60	-123	-192	-39	-290	
%	-13%	-17%	-14%	9%	-5%	-8%	-13%	-4%	-23%	
Q*	487	461	461	2	233	338	374	137	358	
Q*/Q	88%	84%	39%	1%	45%	51%	52%	90%	91%	

□ Balance de agua

➤ Indicadores de manejo del riego (ER)

	Violada				Alcanadre			Clamor	Valcuerna
%	2007	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2010	2010
EfR	65	66	67	70	68	78	88	86	86
FC	63	67	84	90	81	81	87	97	102
FD	52	53	56	0.2	26	31	36	16	33
DH	37	37	52	28	6	12	11	12	7

Violada: cambio a riego por aspersión

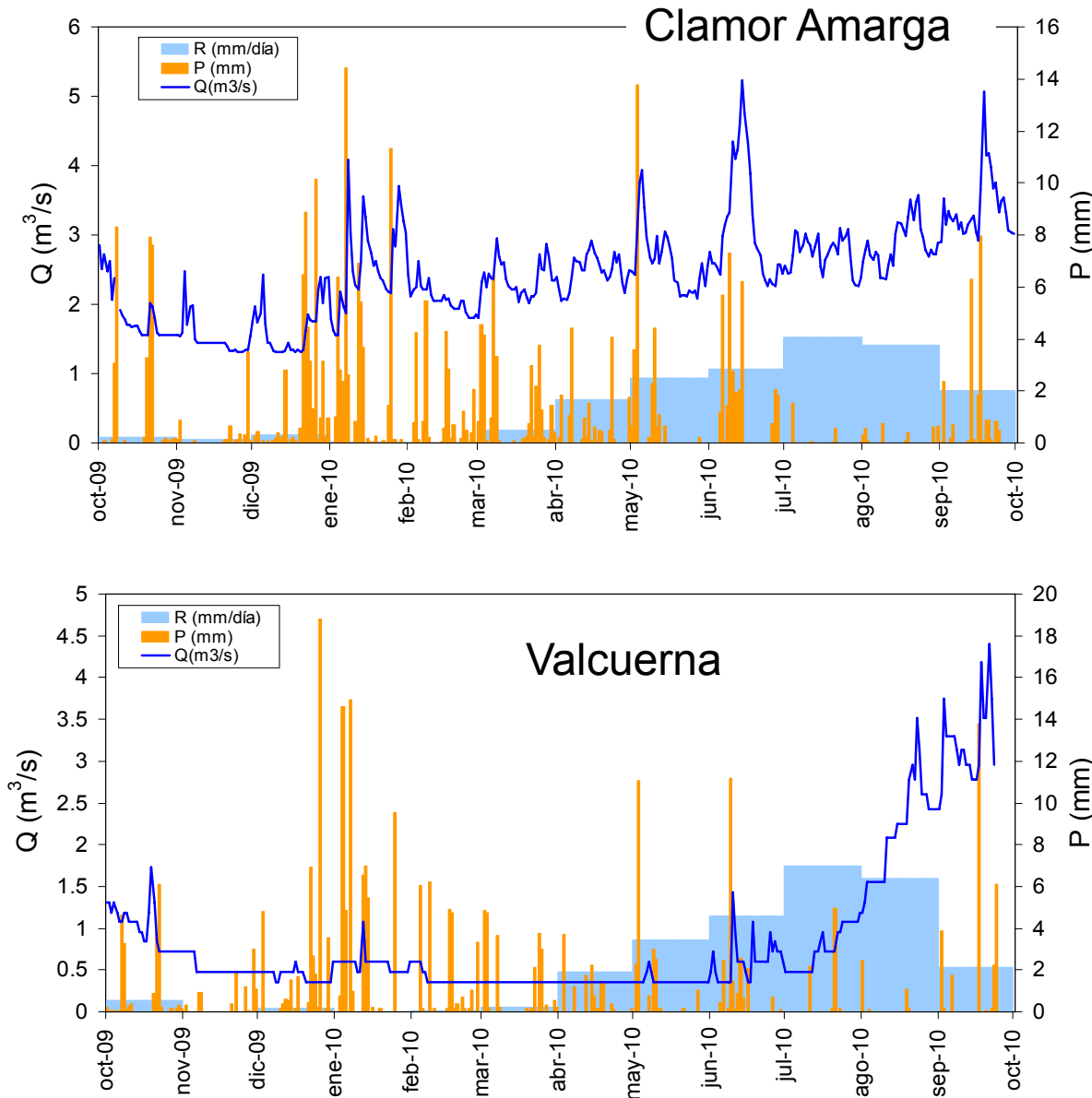
Tipo de riego (aspersión)

Riegos presurizados, posible efecto de la reutilización

□ Balance de agua

- En general Salidas > Entradas ($\Delta W > 0$) → ¿Entradas no controladas?
- Cierre de balances aceptable
- Aspersión: $E_{Tr} \uparrow + PEA \rightarrow FC \uparrow$ y $E_{fR} \uparrow$
- OE: Alcanadre \uparrow , Clamor Amarga y Valcuerna \downarrow →
Importancia de considerar OE para el efecto del regadío
- Clamor y Alcanadre: E_{fR} y $FC \uparrow \rightarrow$ Riego presurizado y posible reutilización
- Violada:
 - ★ Diferencias aspersión-inundación: $FC \uparrow$ y $Q^* - FD - DH \downarrow$
 - ★ Introducción de filtraciones ($\Delta W \downarrow$): mejora el balance

Balance de agua



- Gráficas R-Q: Desfase entre R y Q en Valcuerna
- Hidrogramas con mayor resolución (presencia de diluciones, mejora en las estimas de OE): Valcuerna

❑ **Concentración salina (puntos de salida)**

➤ Responde a la salinidad de las cuencas (¿manejo del riego en Alcanadre?)

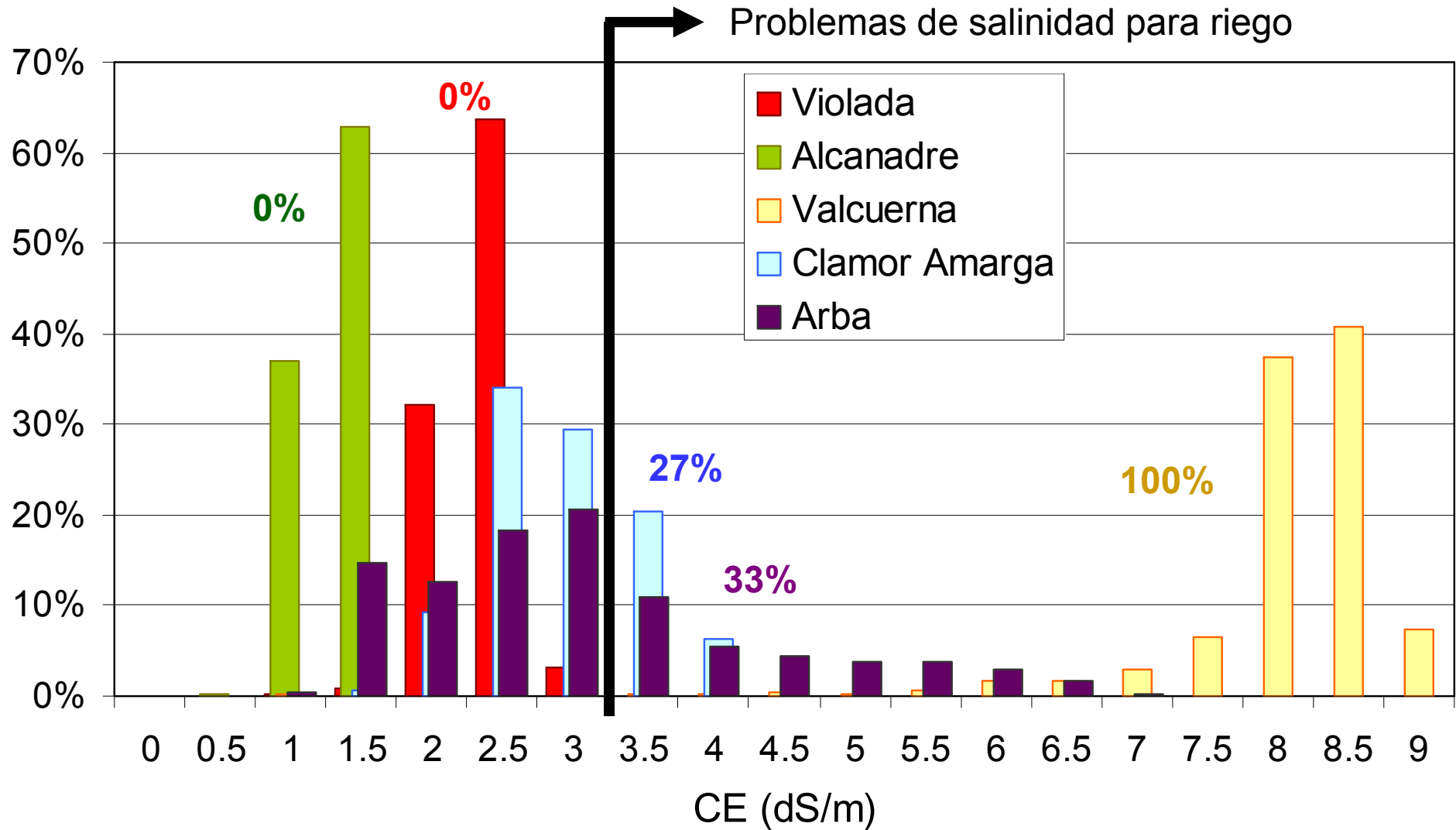
	Arba	Violada	Alcanadre	Clamor	Valcuerna
SDT (mg/L)	1975	1969	800	2233	7222
CE (dS/m)	2.81	2.10	1.03	2.64	7.86
(DE)	(1.26)	(0.23)	(0.19)	(0.52)	(0.75)
CV%	45%	11%	18%	20%	10%

Salinidad media con episodios de salinidad elevada (ENR), bimodal

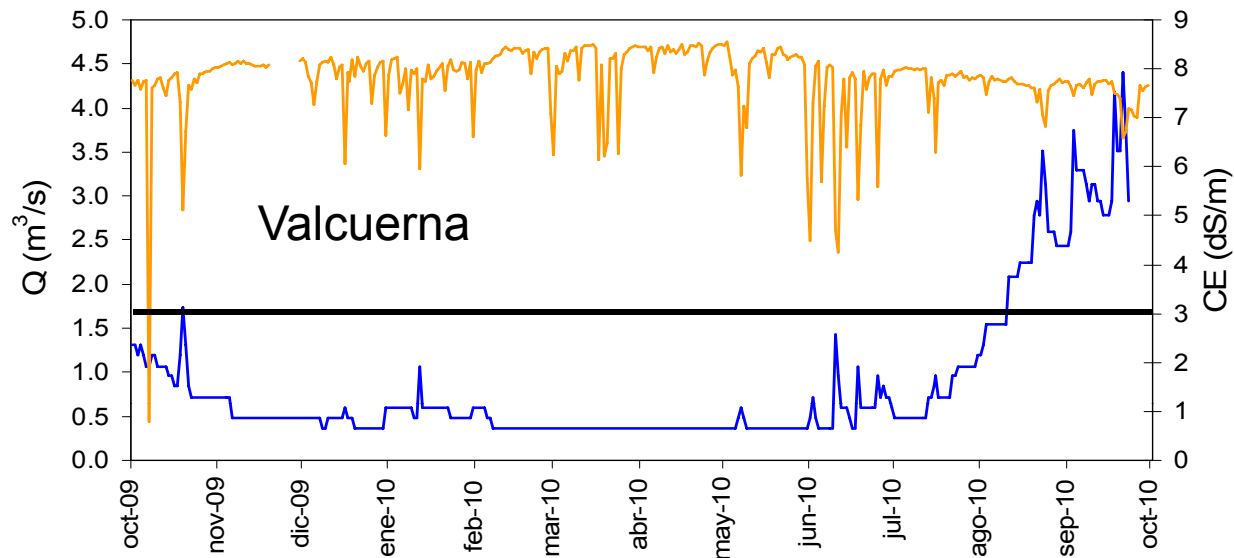
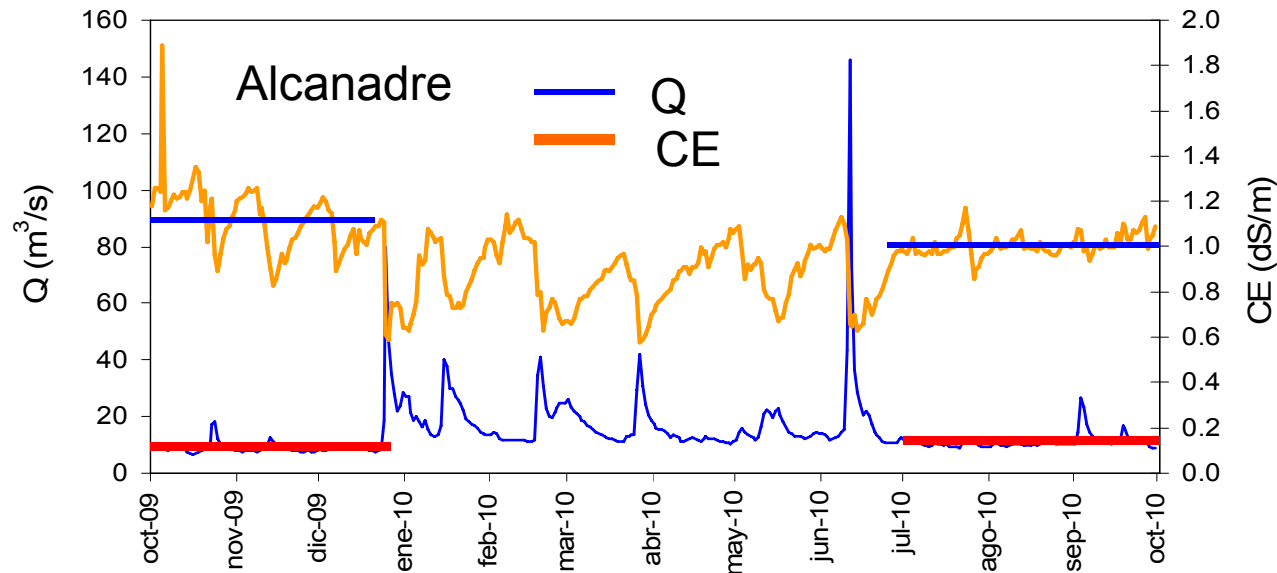
Salinidad alta y constante (disolución de yeso en Violada)

SDT(agua de riego) ~ 240 mg/L

Concentración salina



Concentración salina

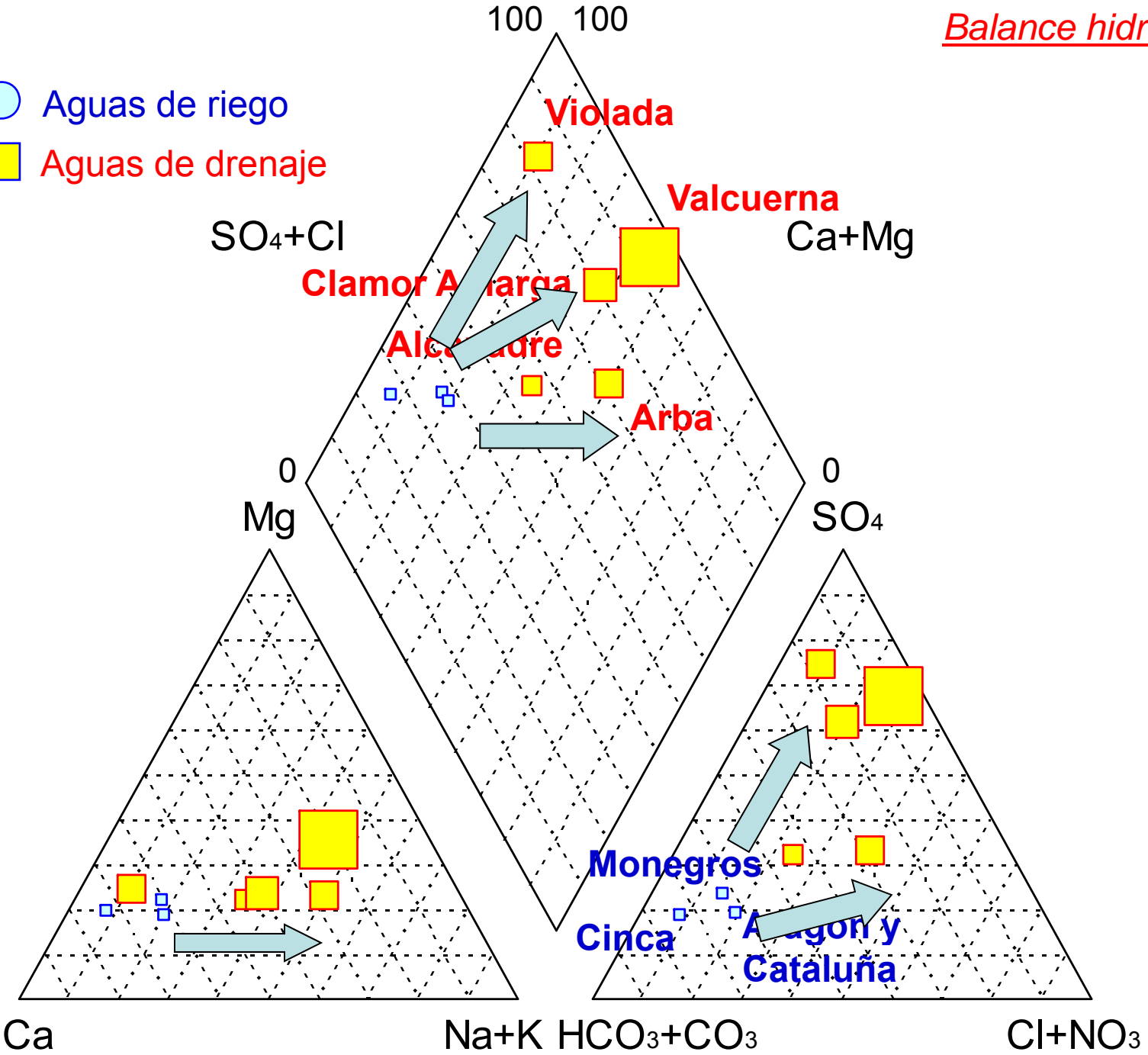


- Dilución en la ER en Alcanadre (¿sobrantes de riego?)
- Efecto de las diluciones por escorrentías y por AC (Valcuerna)
- Hidrogramas con mayor resolución

Balance hidrosalino

○ Aguas de riego

■ Aguas de drenaje



SO_4+Cl

$Ca+Mg$

Clamor

Valcuerna

Arba

Arba

0
Mg

0
 SO_4

Ca

Na+K HCO_3+CO_3

$Cl+NO_3$

Monegros

Cinca

Aragón y
Cataluña

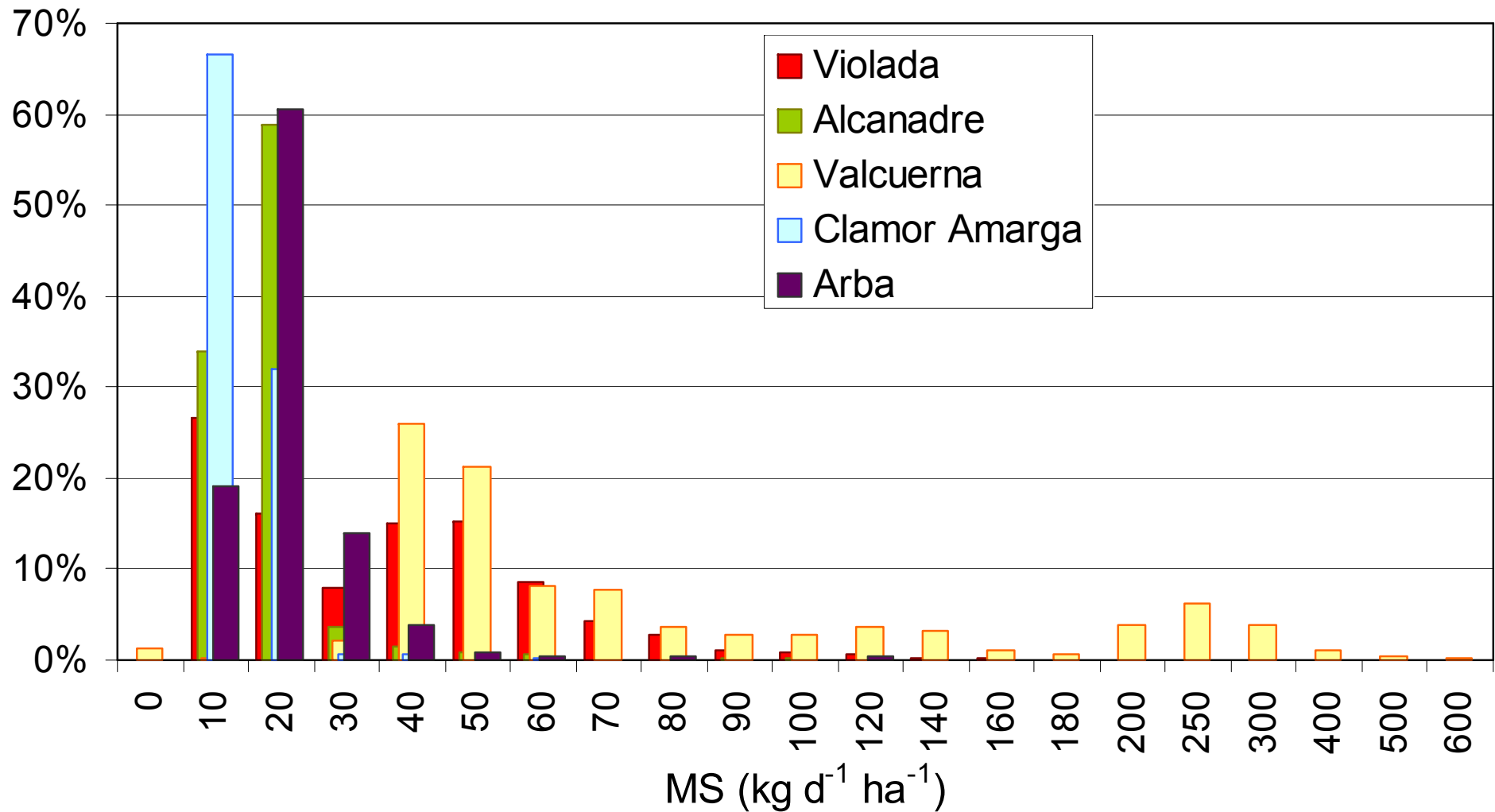
□ Masas de sales exportadas

- $MSu = SQ^*/S_{regada}$ (Mg/ha):
Valcuerna>Violada>Arba>Alcanadre>Clamor Amarga
- $ER > ENR$ (excepto Arba)
- Violada: Cambio a aspersión → $MSu \downarrow$

	MSu (Mg/ha)			SQ* (Mg)		
	ENR	ER	AH	ENR	ER	AH
Arba (2005-10)	3.1	2.8	5.8	167339	153643	320982
Violada I (2006-07)	2.1	7.7	9.8	7953	29079	37032
Violada T (2008-09)	--	--	--	7973	15228	23201
Violada A (2010)	1.6	1.6	3.3	6606	6636	13242
Alcanadre (2008-10)	2.0	2.7	4.7	127050	168421	295471
Clamor Am. (2010)	1.6	1.7	3.3	81068	84473	165542
Valcuerna (2010)	8.8	17.6	26.4	61802	123243	185045

▣ Masas de sales exportadas

➤ Distribución asimétrica



□ Fertilización N de los cultivos

kg N/ha	1995	1996	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Violada	243	297	155	103	118	63	100	138
Alcanadre						165	184	170
Clamor Amarga								144
Valcuerna								221

Predominio del maíz

Predominio de la alfalfa y los cereales de invierno

Obras de transformación

Presencia de frutales (esp. goteo, 13%)

Maíz y dobles cultivos (guisante-maíz)

- 2009-10: Valcuerna > Alcanadre
- > Violada ~ Clamor Amarga

⊗ Cultivos y tipo de riego

❑ Fertilización N de los cultivos

➤ Dosis algo superiores a las recomendaciones (o ajustadas)

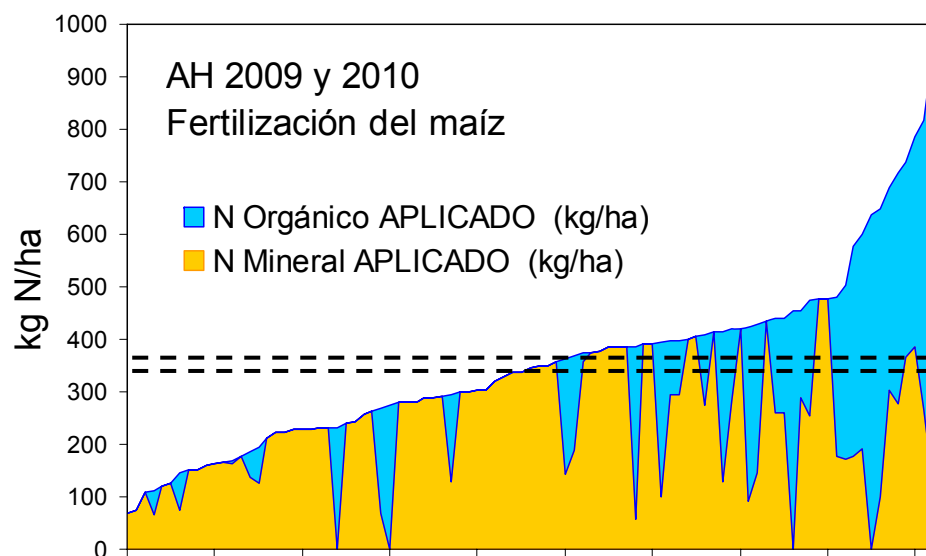
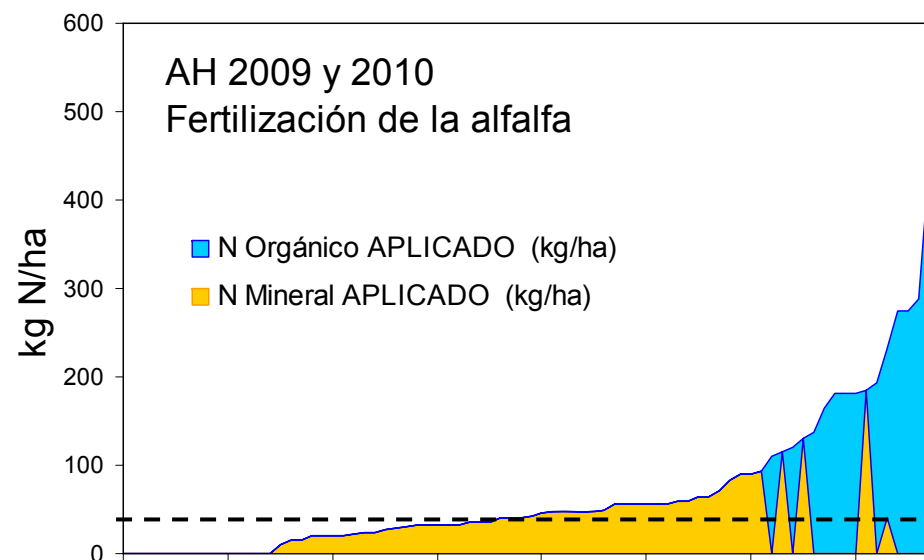
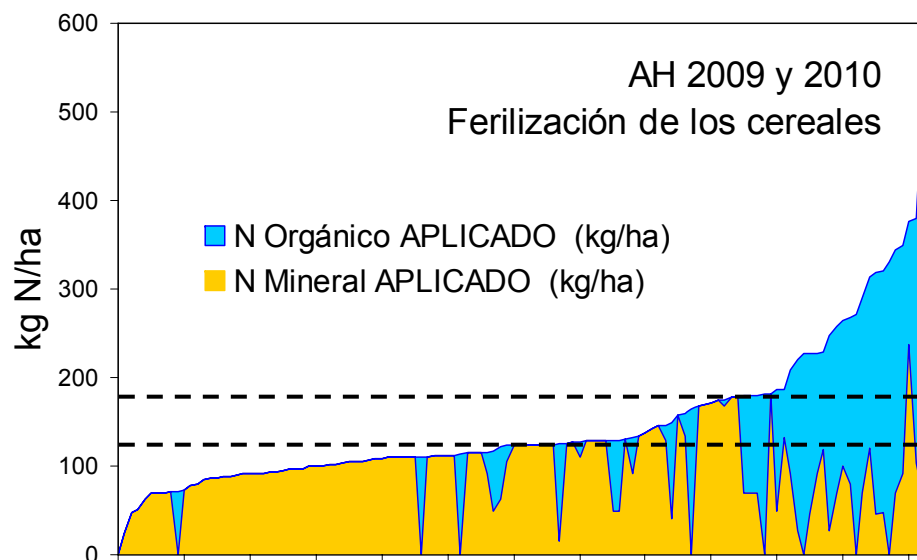
kg N/ha		Violada	Alcanadre	Clamor	Valcuerna	RECOM
Maíz	2009	108	340	-	-	336-360
	2010	370	503	267	298	
Cereal	2009	98	146	-	-	120-180
	2010	125	195	140	165	
Alfalfa	2009	116	66	-	-	0 (<30)
	2010	31	32	111	101	

Violada 2009: obras de transformación (NF↓); en alfalfa N_{org} ↑

➤ Maíz: dosis superiores en los sistemas de riego tradicionales

➤ Alfalfa (Valcuerna y Clamor): dosis muy altas debidas a N_{org} (89% y 95%)

□ Fertilización N de los cultivos



➤ Dosis más elevadas → Aportes de N orgánico (especialmente purín)

➤ Sensibilidad al N_{org}

➤ $N_{org} \gg 170$ kg/ha

❑ Fertilización N de los cultivos

		kg N/ha (encuestas)											
		Violada			Alcanadre			Clamor			Valcuerna		
		Min	Org	(%)	Min	Org	(%)	Min	Org	(%)	Min	Org	(%)
2009	36	64	(64)	123	60	(33)	-	-	-	-	-	-	-
2010	116	22	(16)	113	57	(33)	63	81	(56)	151	70	(32)	
Producción de N orgánico (kg N/ha) en cada cuenca (estadísticas agrarias)													
		Violada			Alcanadre			Clamor			Valcuerna		
2009		62			79			-					
2010		15			81			150			146		

Alcanadre: diferencias grandes entre años → Medias (kg N/ha)

➤ Inseguridad en el cálculo de N_{org} . Establecer correctamente la fertilización orgánica es fundamental

- Violada: encuestas ~ estadísticas
- Clamor Amarga y Valcuerna: encuestas ~ 2 · estadísticas
- Mayor % de N_{org} en cuencas con mayor producción ganadera

□ Concentraciones de N (NO₃)

- ENR > ER
- Clamor Amarga: N-NH₄=1.4 mg/L no despreciable frente a N-NO₃=10.2 mg/L (17% de MN exportada) → ¿Ganadería e industrias agroalimentarias?
- Valcuerna >> Resto (intensidad de cultivo/aspersión, ¿OE?)

	NO ₃ (mg/L)			
	ENR	ER	AH	(%>50)
Arba (2005-10)	43.9	34.1	39.3	(23)
Violada (2006-10)	21.7	20.6	21.2	(2)
Alcanadre (2008-10)	24.1	17.6	20.9	(0)
Clamor Am. (2010)	45.2	35.2	40.2	(14)
Valcuerna (2010)	118.2	108.3	113.1	(100)

□ Masas de N exportadas

- $MNu = NQ^*/S_{regada}$ (kg N/ha)
- $ER > ENR$
- Cambio a riego por aspersión (Violada) → $MNu \downarrow$
- ¿Por qué Valcuerna ↑? → ¿Intensidad de cultivo, NOE, sobreestimación de Q...?

	MNu (kg/ha)			NQ* (Mg)		
	ENR	ER	AH	ENR	ER	AH
Arba (2005-10)	11.9	15.0	26.9	814	671	1485
Violada I (2006-07)	5.5	18.4	23.9	21	70	90
Violada T (2008-09)	13.7	29.1	42.9	17	39	55
Violada A (2010)	4.0	4.4	8.4	16	18	34
Alcanadre (2008-10)	11.8	12.5	24.3	740	781	1521
Clamor Am. (2010)	7.4	8.1	15.5	374	411	785
Valcuerna (2010)	33.5	60.3	93.8	235	424	659

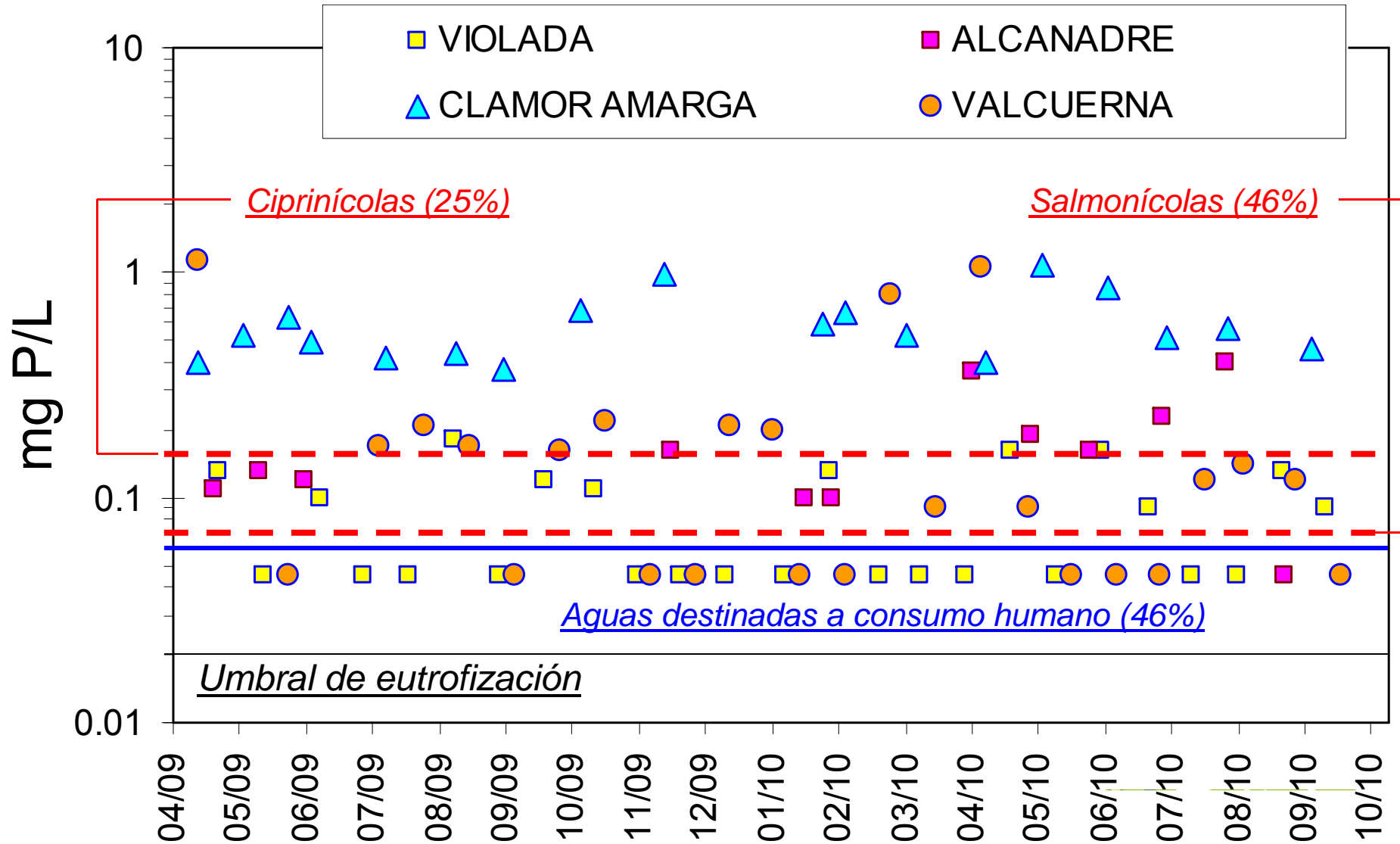
❑ Fósforo (ER 2009 y AH 2010): PT (mg/L)

- Clamor Amarga > Alcanadre > Valcuerna > Violada
- Distribuciones asimétricas

	Violada	Alcanadre	Clamor Amarga	Valcuerna
Mediana	0.05	0.13	0.53	0.12
Media	0.08	0.17	0.59	0.21
Máximo	0.18	0.40	1.08	1.14

- P ligado al predominio de la fertilización orgánica
- Medidas puntuales (cada 21 d)
- Establecer masas exportadas y P aportado por fertilización

❑ Fósforo (ER 2009 y AH 2010): PT (mg/L)



□ Términos más importantes del balance de agua

➤ $R - Q - (P) - ET_r$ (balances de agua en el suelo)

➤ **Cálculo de la ET_r** ($ET_r < ET_c$)

★ **Mejora de los balances de agua en el suelo**

⊗ Uso de información más detallada de suelos y de riego

▪ Muestreo de propiedades hídricas de los suelos

▪ Mejor caracterización del riego

⊗ Mejor definición de los cultivos presentes sobre cada tipo de suelos (y con cada tipo de riego)

▪ Utilización de SIG catastral

⊗ → Mejor definición de las unidades de trabajo (por debajo del nivel de CR) con el concurso de SIG

⊗ Incorporar estrés salino, capa freática...

□ Términos más importantes del balance de agua

➤ **Cálculo de la ET_r** ($ET_r < ET_c$)

★ **Uso de teledetección**

⊗ Proporciona estimaciones de la ET real por píxel teniendo en cuenta las condiciones específicas del cultivo

⊗ Basadas en la reflectancia de la superficie

⊗ Estimaciones puntuales en el tiempo (interpolación entre mediciones)

⊗ Proporciona periódicamente cartografía de superficies regadas, cultivos y su estado de desarrollo

⊗ Aplicación a corto plazo en la USyR

❑ Determinación de las masas exportadas

➤ Fuentes de error en el muestreo → Análisis en cada cuenca

★ Selección de la hora de muestreo en el día y reducción del número de muestras necesario

★ Error asociado a las masas exportadas calculadas

➤ Mejora de las estimas de Q → Estaciones de aforo (¿Valcuerna?)

➤ Determinar la masa de P exportada

❑ Entradas de N por fertilización

➤ Discrepancia encuestas-datos estadísticos

★ Aumentar la intensidad de muestreo

★ Utilización de otras fuentes (cooperativas)

★ Establecer las entradas de P con la fertilización

❑ Balances hidrosalinos

➤ Cierre correcto, aunque domina $\Delta W < 0 \rightarrow$ ¿OE?

En Valcuerna $\Delta W < -23\% \rightarrow$ ¿OE, sobreestimación de Q?

➤ Contaminación del regadío \rightarrow Necesidad de considerar OE (determinar $Q^* < Q$)

➤ Riego por aspersión: EfR-FC \uparrow

➤ Violada:

Cambio de sistema de riego $\rightarrow Q^* - FD \downarrow, FC - EfR \uparrow$

➤ Estimación de ET_r por nuevos métodos

❑ Exportación de sales

➤ SDT: Valcuerna \gg Clamor $>$ Arba $>$ Violada $>$ Alcanadre

➤ MSu: Mismo orden. ER $>$ ENR ($Q \uparrow$ en ER: sobrantes)

➤ Violada: Cambio de sistema de riego $\rightarrow MSu \downarrow$

❑ Fertilización

- Mayores dosis corresponden a fertilización orgánica (pocas aplicaciones muy elevadas)
- Aportación de N orgánico → Incertidumbre

❑ Nutrientes

- $[\text{NO}_3]$: ENR > ER, MNu: ER > ENR (sobrantes)
- $[\text{NO}_3]$: Valcuerna >> Clamor Amarga ~ Arba > Violada ~ Alcanadre
- $[\text{PO}_4]$: Clamor Amarga > Valcuerna ~ Alcanadre > Violada
- En Clamor Amarga: NH_4 ↑ y PO_4 máximo → ¿Industria agroalimentaria?
- Valcuerna: MNu↑↑ → ¿NOE, sobreestimación de Q, infraestimación de NF?
- Violada: Cambio de sistema de riego → MNu↓

**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**

