



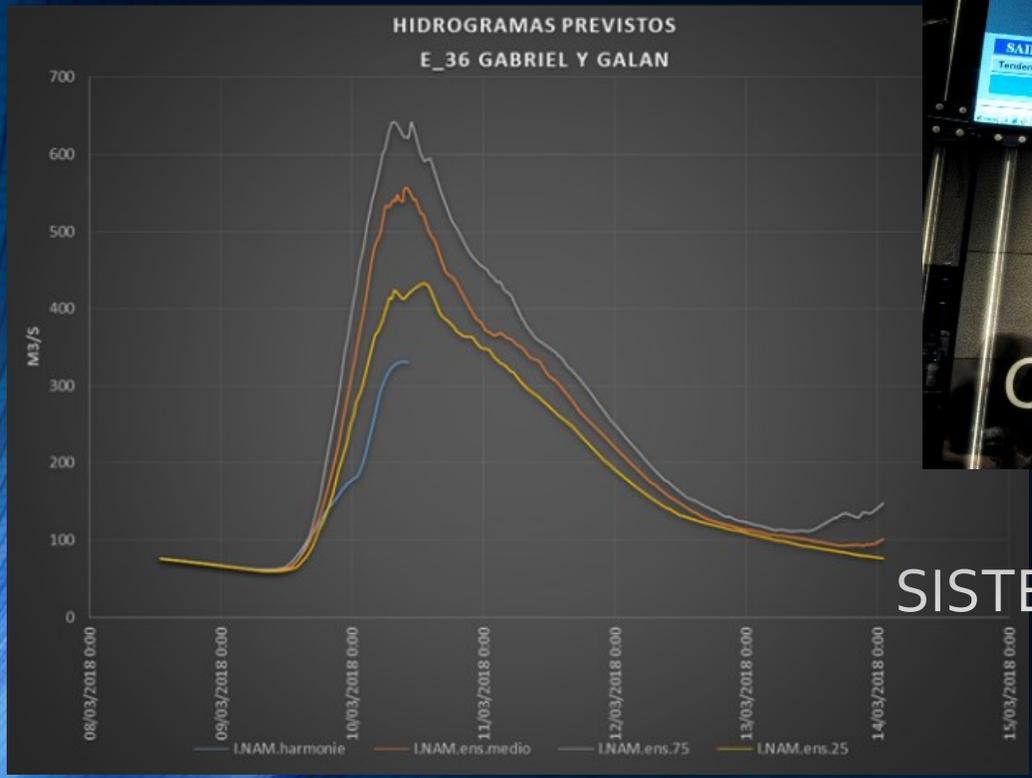
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL TAJO, O.A.

SISTEMAS AUTOMÁTICOS PARA LA PREVISIÓN Y GESTIÓN DE INUNDACIONES

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO



SISTEMA AUTOMÁTICO DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL TAJO

DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL TAJO

- Superficie
- Cuenca internacional – Convenio de Albufeira

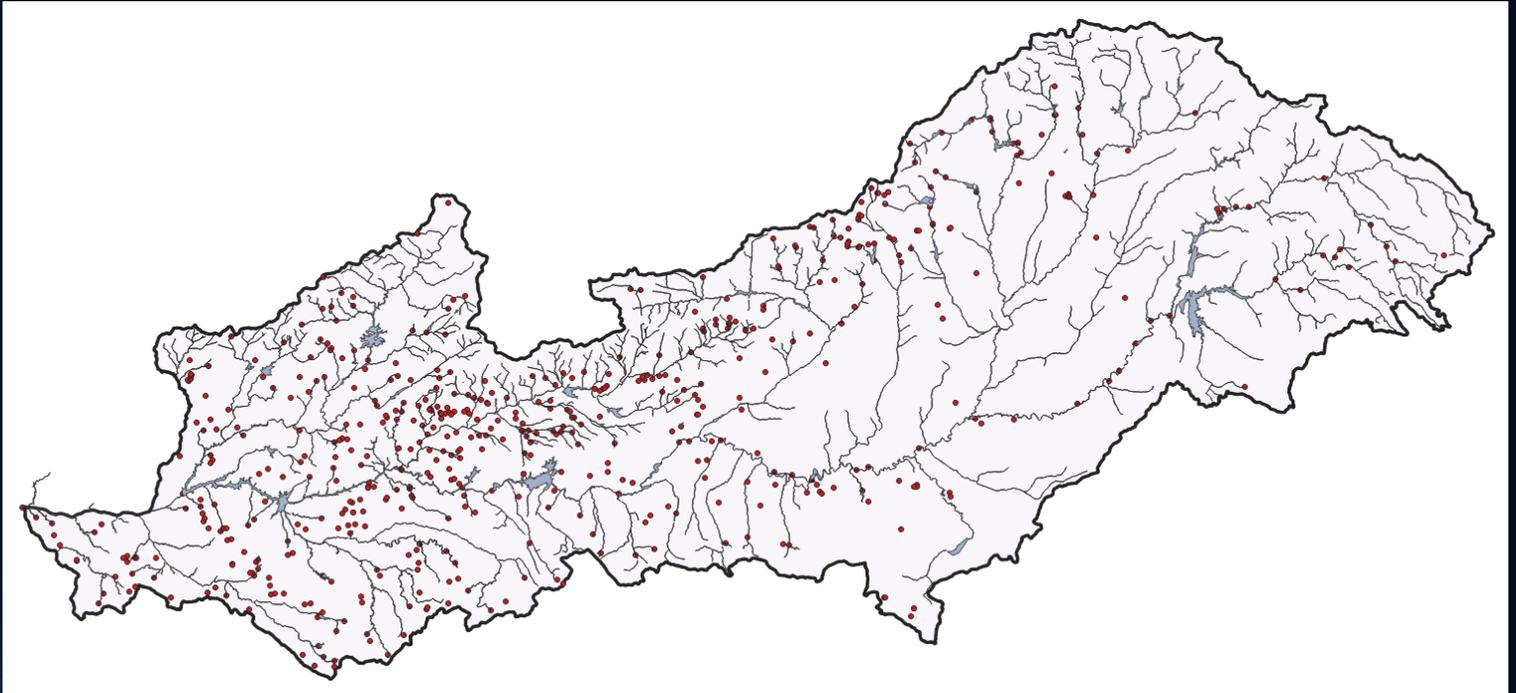


	<u>ESPAÑA</u>	<u>PORTUGAL</u>
Area	55 645 km ²	25 665 km ²
Población	7,9 million	3,3 million

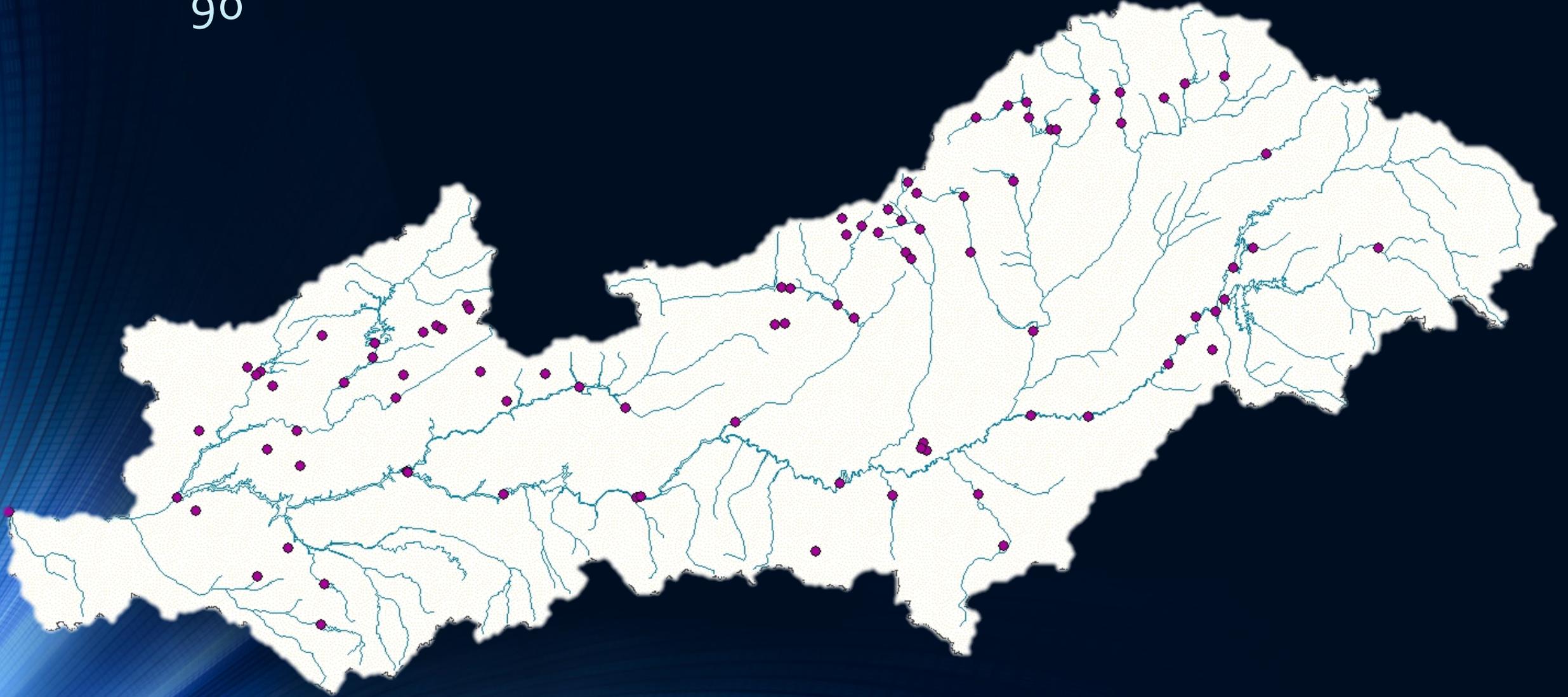


DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL TAJO

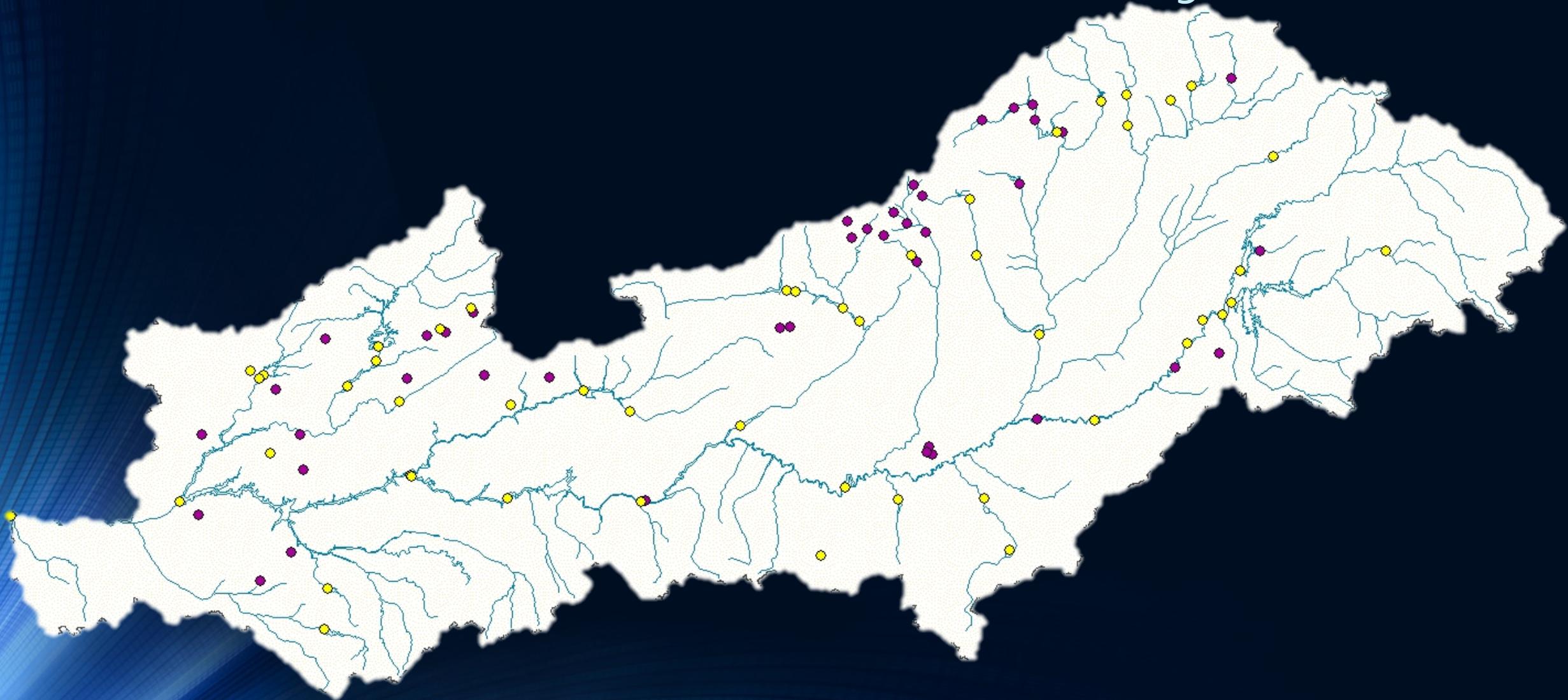
- Nº de presas:
 - 58 de titularidad estatal
 - 568 presas de titularidad privada



PRESAS, BALSAS Y AZUDES MÁS IMPORTANTES - 90

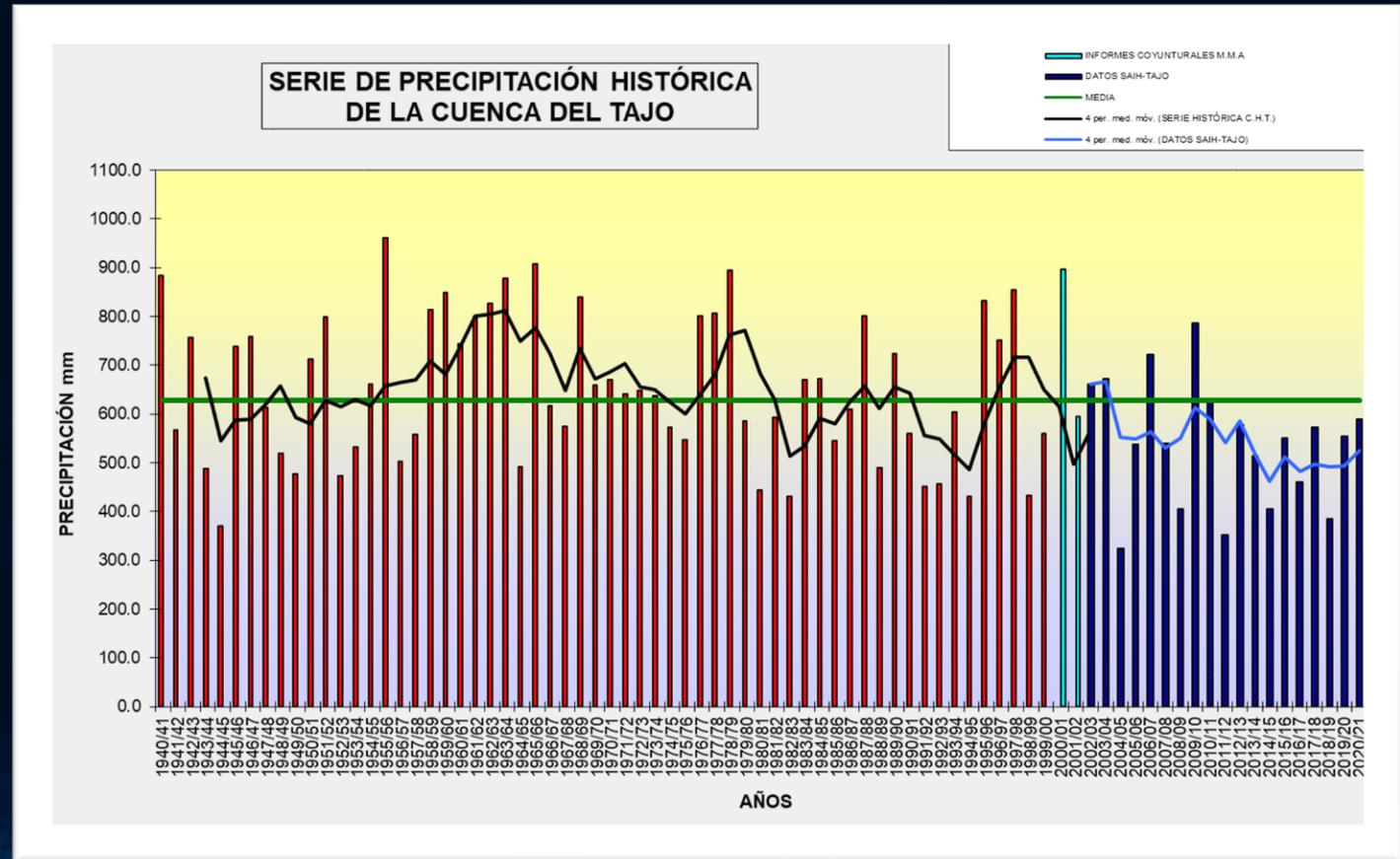


PRESAS CONTROLADAS POR EL SAIH - 51



DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL TAJO

- Precipitación media de la cuenca - tendencia

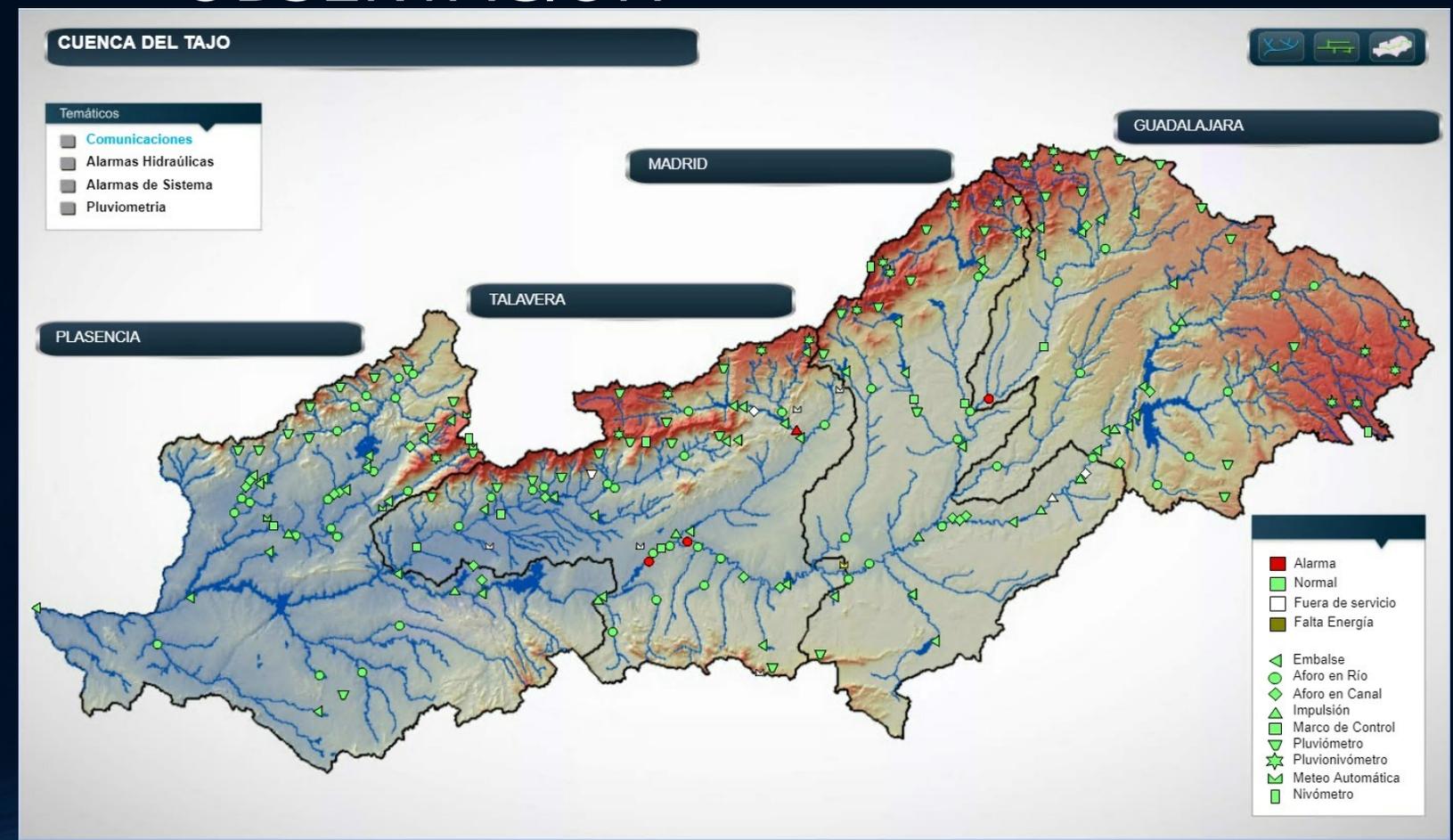


HERRAMIENTAS DE GESTIÓN

OBSERVACIÓN

• SAIH

- 62 Pluviómetros independientes – 180 total
- 51 Embalses
- 20 Canales
- 59 Est. de Aforo
- 11 Impulsiones
- 7 Marcos de control
- 4 Telenivómetros



RED S.A.I.H.

- TRANSMISIÓN **DATOS** EN TIEMPO REAL (15 minutos) VÍA SATÉLITE
 - >3.000 sensores – variables directas
 - >11.000 variables calculadas
- TRANSMISIÓN DE **IMÁGENES**
- TRANSMISIÓN DE **SONIDO**





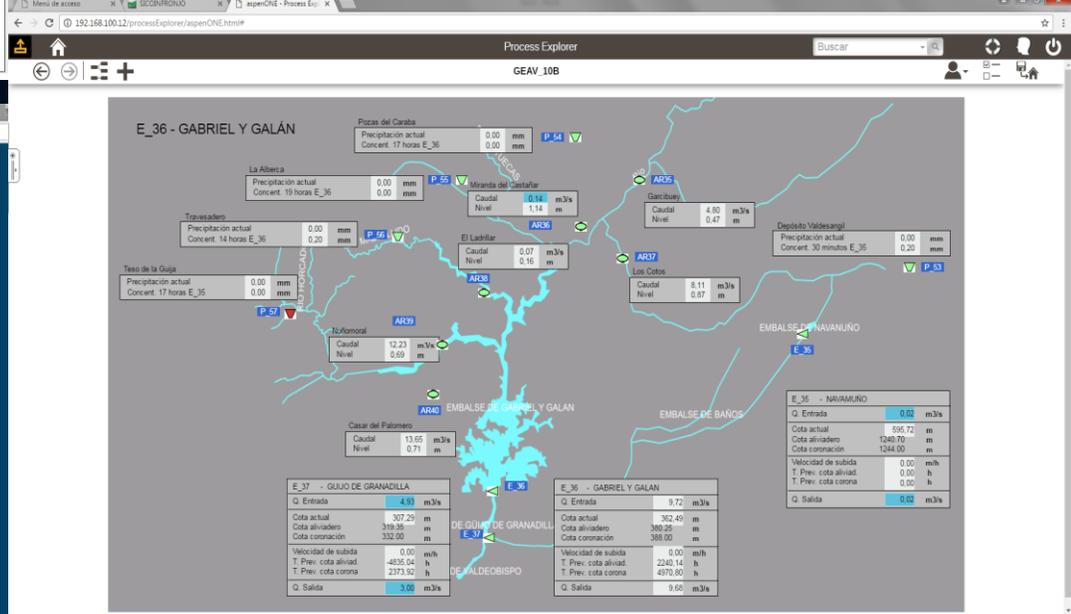
RED S.A.I.H.



Process Explorer

PTOCTRL

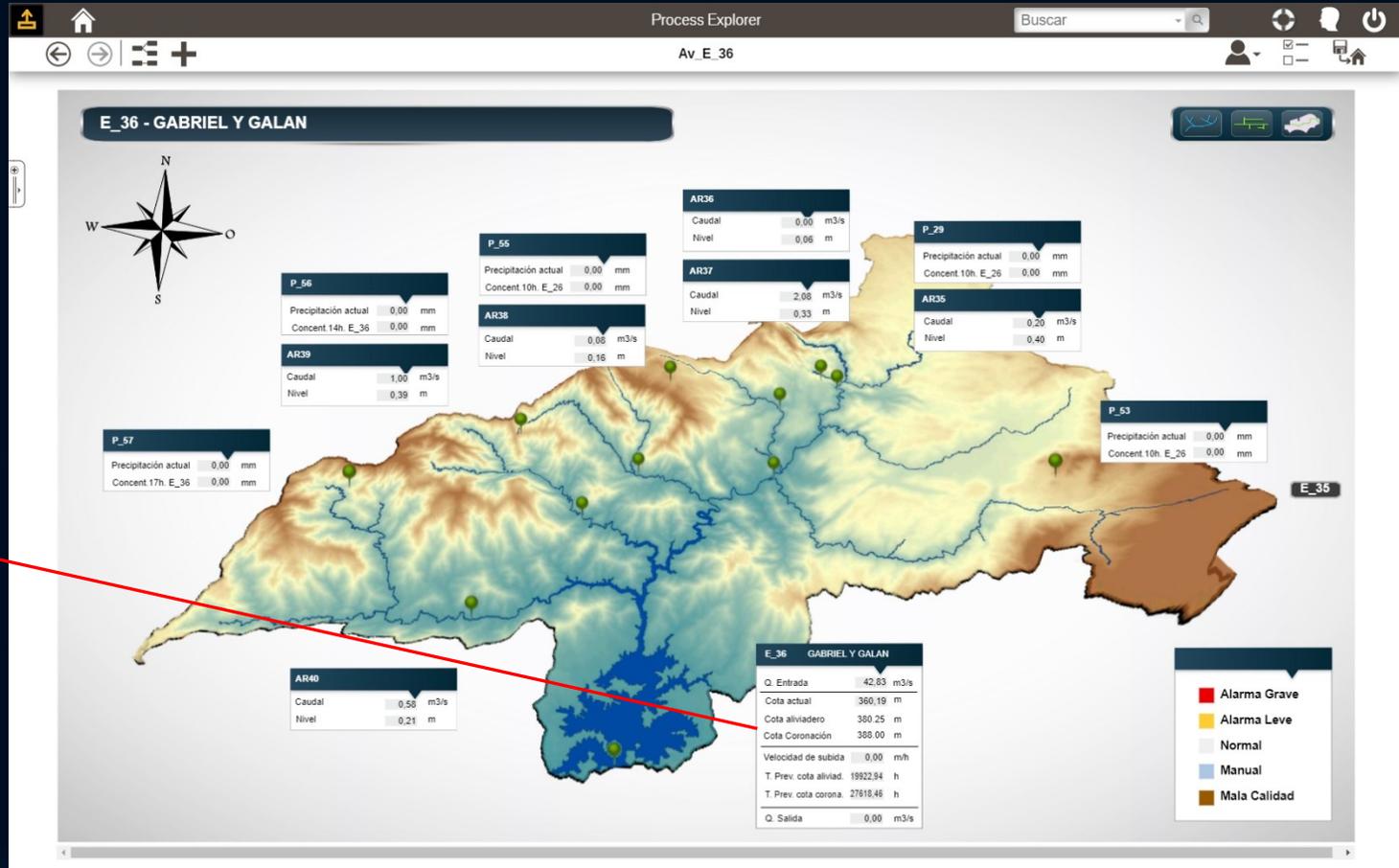
EMBALSES			AFOROS EN RIO			AFOROS EN CANAL			PLUVIÓMETROS			IMPULSIONES			CUENCA		
E_01	E_26	E501	AR01	AR27	ES01	AC01	AC16	PN01	PN22	P_43	L_01	L_02	L_03	CUENCA ESPAÑOLA			
E_02	E_27	E502	AR02	AR28	ES02	AC02	AC17	PN02	PN23	P_44	L_04	L_05	L_06	AREAS			
E_03	E_28	E503	AR03	AR29	ES03	AC03	AC18	PN03	PN24	P_45	L_07	L_08	L_09	GUADALAJARA			
E_04	E_29	E504	AR04	AR30	ES04	AC05	AC19	PN04	P_25	P_46	L_10	L_11	L_12	MADRID			
E_05	E_30	E505	AR05	AR31	ES05	AC06	AC21	PN05	P_26	P_47	TALAVERA			PLASENCIA			
E_06	E_31	E506	AR06	AR32	ES06	AC07	AC22	P_06	P_27	P_48							
E_07	E_32	ES07	AR07	AR33	ES07	AC08	AC21	P_07	PN28	P_49							
E_08	E_33	ES08	AR08	AR34	ES08	AC09	AC22	P_08	P_29	P_50							
E_09	E_34	ES09	AR09	AR35	ES09	AC10	AC21	P_09	P_30	PN51							
E_10	E_35	ES04	AR10	AR36	ES04	AC11	AC21	P_10	P_31	P_52							
E_11	E_36	ES05	AR11	AR37	ES05	AC12	AC22	P_11	P_32	P_53							
E_12	E_37	ES06	AR12	AR38	ES06	AC13	AC21	P_12	P_33	P_54							
E_13	E_38	ES07	AR13	AR39	ES07	AC14	AC21	P_13	PN24	P_55							
E_14	E_39	ET13	AR14	AR40	ET13	AC15	AC21	P_14	P_35	P_56							
E_15	E_40	ET14	AR15	AR41	ET14							MARCOS DE CONTROL					
E_16	E_41	ET15	AR16	AR42	ET15							MC01					
E_17	E_42	ET16	AR17	AR43	ET16							MC02					
E_18	E_43		AR18	AR44								MC03					
E_19	E_44		AR19	AR45								MC04					
E_20	E_45		AR20	AR46								MC05					
E_21	E_46		AR21	AR47								MC06					
E_22	E_47		AR22	AR48								MC07					
E_23	E_48		AR23	AR49								NIVOMETROS					
E_24	E_49		AR24	AR50													
E_25	E_50		AR25	AR51													
E_26	E_51		AR26	AR52													





RED S.A.I.H. – PLANOS AVENIDAS

E_36 GABRIEL Y GALAN	
Q. Entrada	42,83 m ³ /s
Cota actual	360,19 m
Cota aliviadero	380,25 m
Cota Coronación	388,00 m
Velocidad de subida	0,00 m/h
T. Prev. cota aliviad.	19922,94 h
T. Prev. cota corona.	27618,46 h
Q. Salida	0,00 m ³ /s





HERRAMIENTAS DE GESTIÓN

- **DATOS OBSERVADOS**

- AEMET
 - Radar meteorológico
 - EMA's
- SAIH
 - Datos observados
 - Velocidad de subida (embalses, aforos,...)

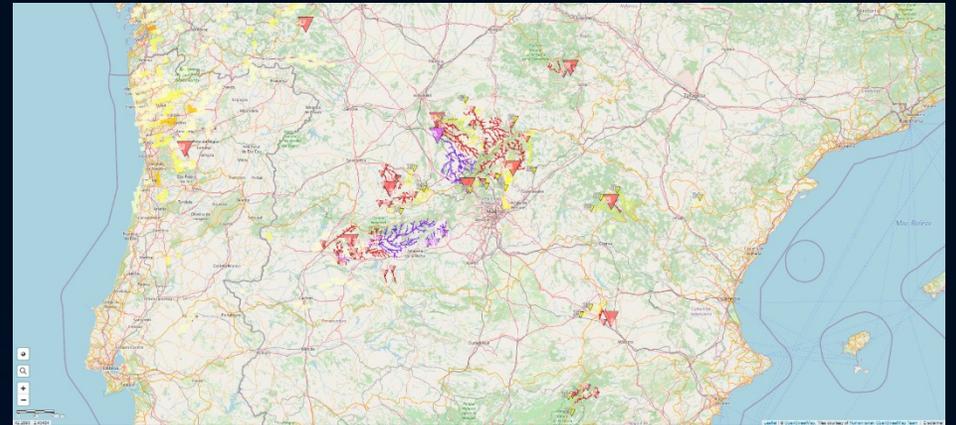
- **PREDICCIONES**

- AEMET
 - HARMONIE AROME (48 h)

HERRAMIENTAS DE GESTIÓN

PREDICCIÓN

- EFAS

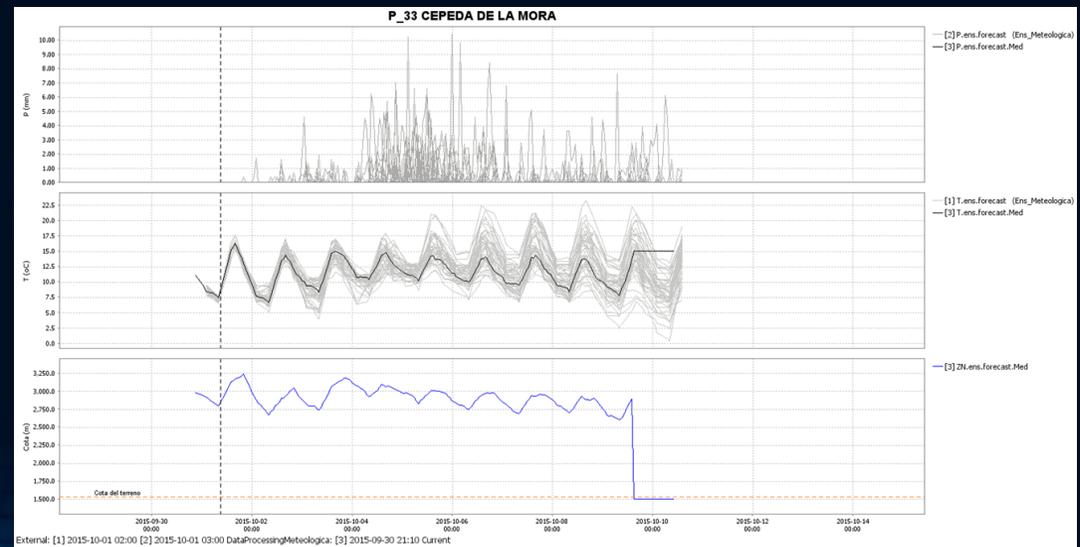


HERRAMIENTAS DE GESTIÓN

PREDICCIÓN

- EFAS
- **AEMET:**
 - *HARMONIE-AROME*
 - Alcance: 48 h con paso horario
 - Actualización: 06h-12h-18h-00h
 - *EPS 240 h*
 - Alcance: 240 h (10D) con paso 3h los 6D y paso 6h resto
 - Actualización: 12h-24h

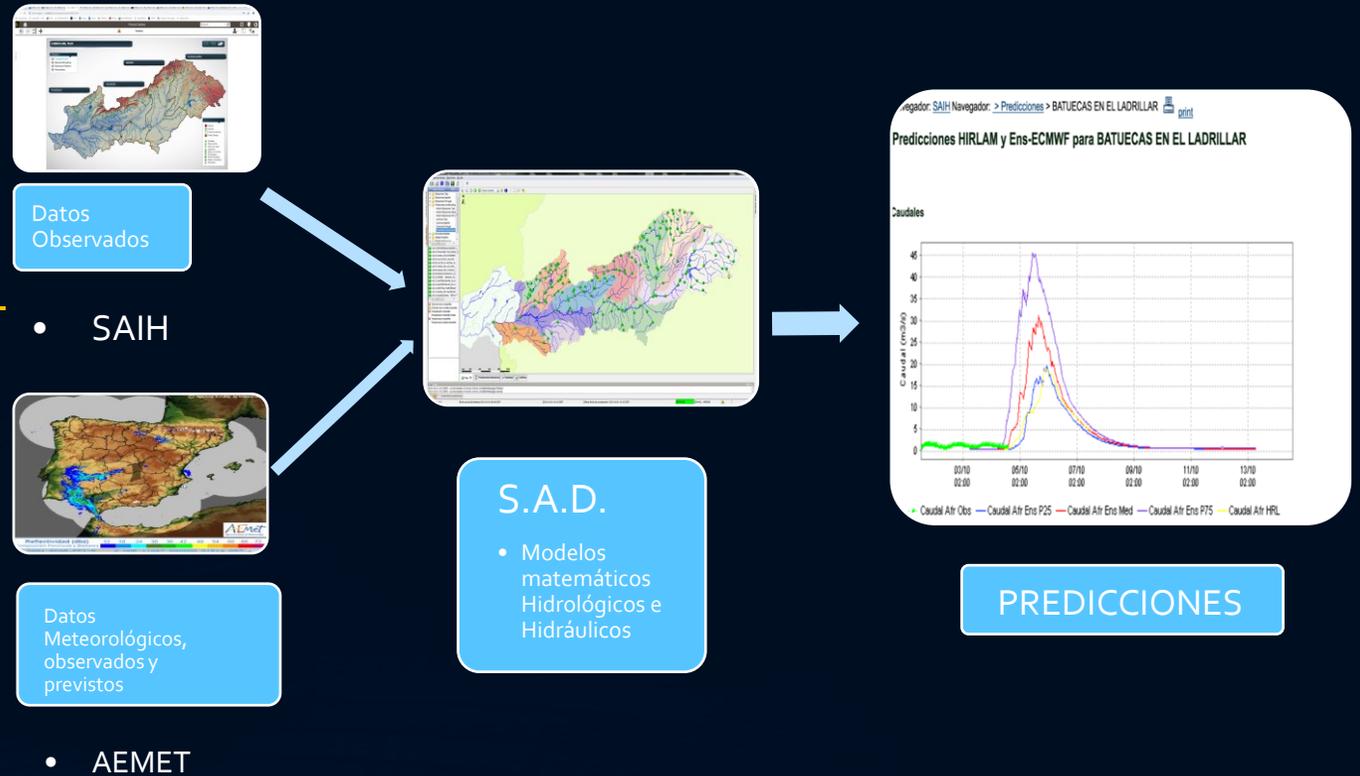
- Parámetros meteorológicos en niveles de presión
- Parámetros meteorológicos a distintas alturas
- Variables en un nivel
- Variables de precipitación
- Diagnósticos convectivos y de precipitación
- Variables de superficie
- Flujos de superficie

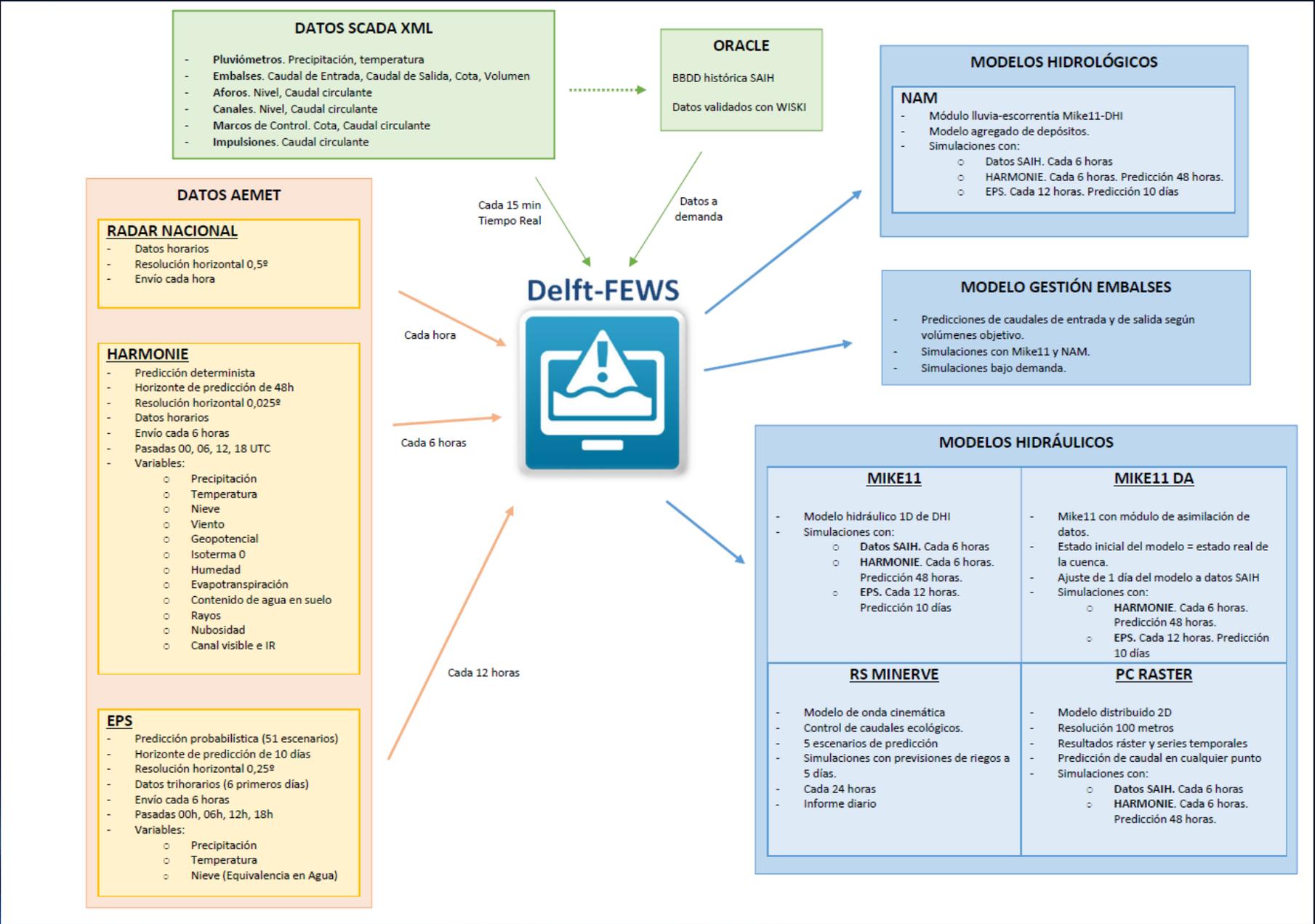


HERRAMIENTAS DE GESTIÓN

PREDICCIÓN

- EFAS
- AEMET
- SISTEMA DE AYUDA A LA DECISIÓN - SAD





MODELOS IMPLEMENTADOS

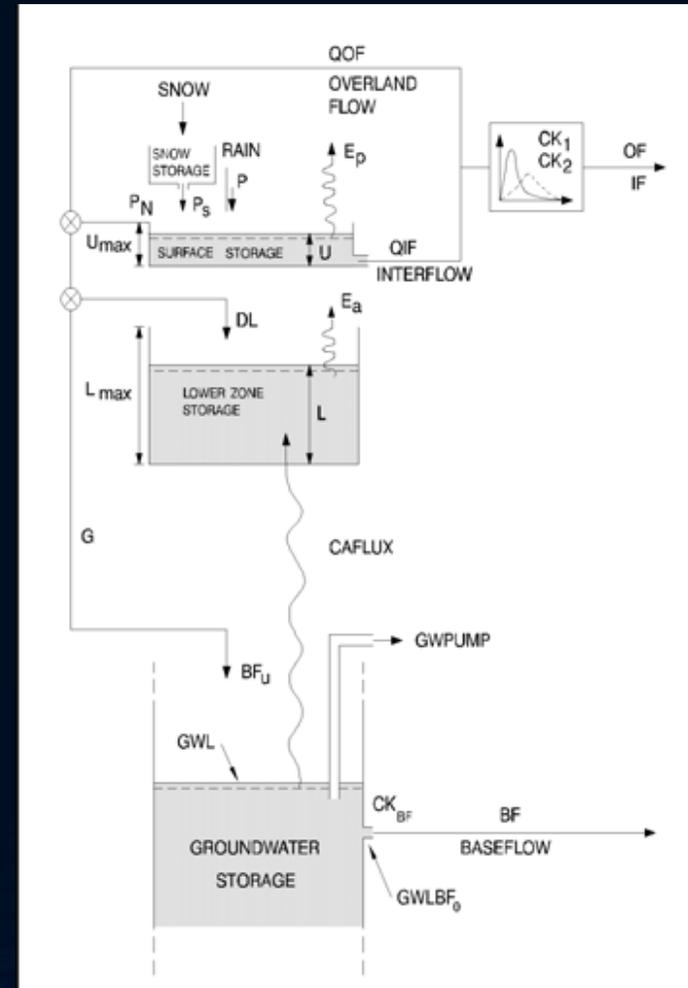
- HIDROLÓGICOS
 - NAM
 - RSMINERVE
 - ASTER
- HIDRÁULICOS
 - PCRASTER
 - MIKE 11 – MIKE 11 DA
 - RSMINERVE
 - IBER
 - INFOWORKS RS
 - ASTER

MODELO AGREGADO: NAM

- NAM (Nedbør-Afstrømnings-Model).
- Cuenca o subcuenca como unidad de trabajo
- Basado en cuatro depósitos interrelacionados:
 - Depósito de nieve
 - Depósito superficial
 - Depósito de la zona radicular
 - Depósito subterráneo

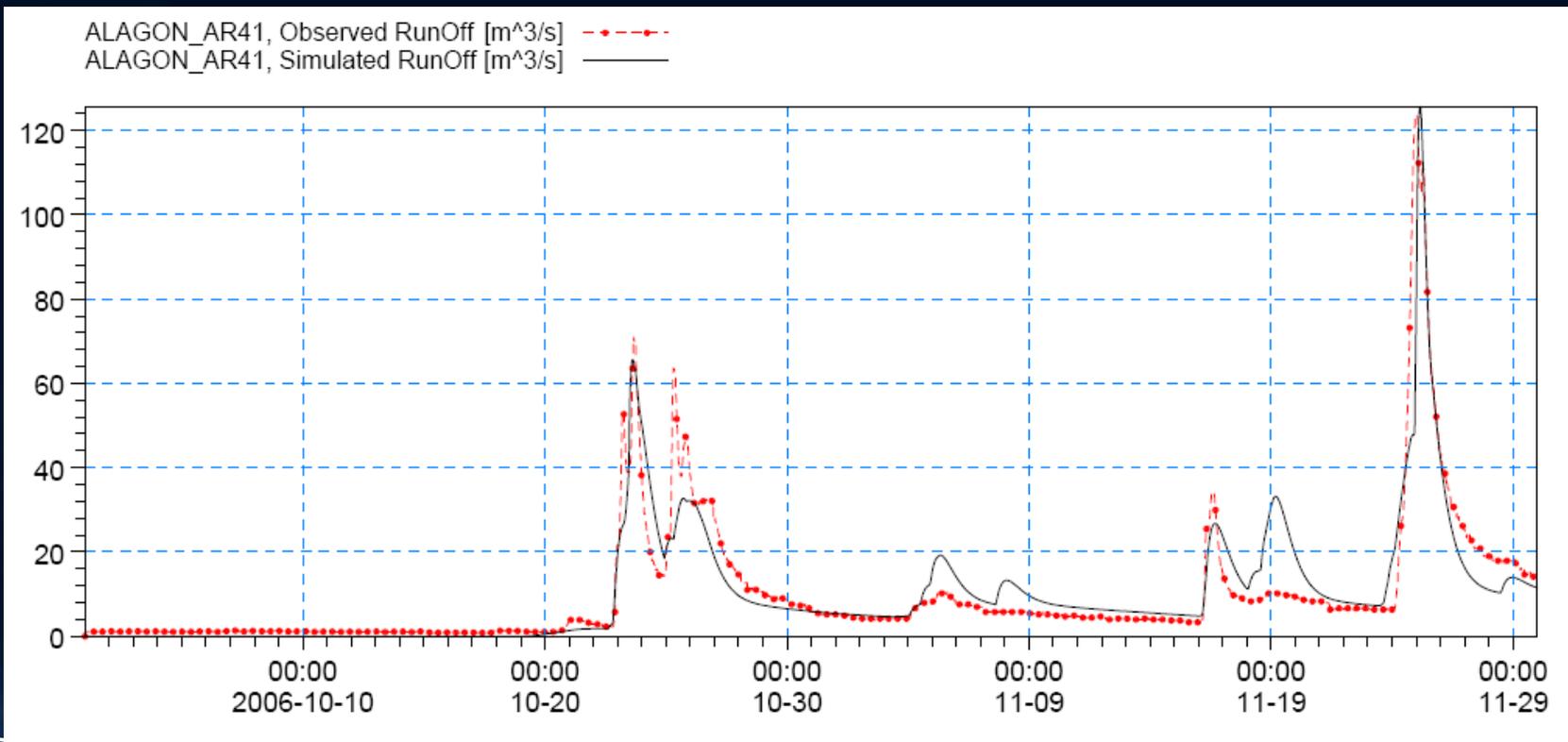
MODELO AGREGADO: NAM

- Estructura del modelo
- Introducción de parámetros:
 - Datos meteorológicos
 - Precipitación
 - Evapotranspiración potencial
 - Temperatura (opcional)
 - Radiación (opcional)
 - Contenido de humedad del suelo
 - Altura máx. de los depósitos
 - Pérdidas (infiltración y flujo lateral)
 - Riegos y bombeos (opcional)
- Calibración del modelo



MODELO AGREGADO: NAM

Aforo SAIH AR₄₁ Río Ambroz en El Villar



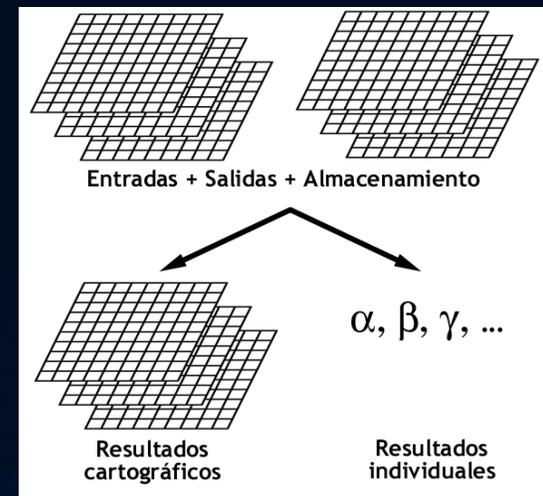
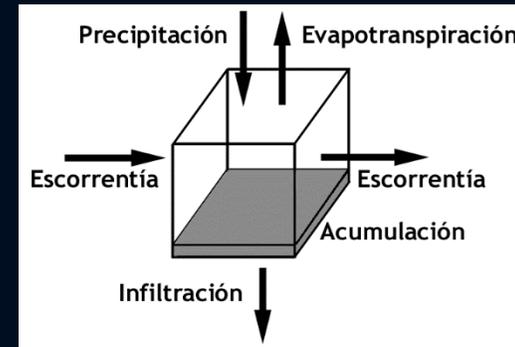
Octubre – Noviembre de 2006 (15min). Coeficiente R²: 0.819

MODELO DISTRIBUIDO: PCRASTER

- Plataforma orientada al desarrollo de modelos ambientales
- Departamento de G^a Física (Universidad de Utrecht)
- No está desarrollado en su totalidad como un programa de SIG
- Programa gratuito con código configurable a la carta.
<http://pcraster.sourceforge.net>

MODELO DISTRIBUIDO: PCRASTER

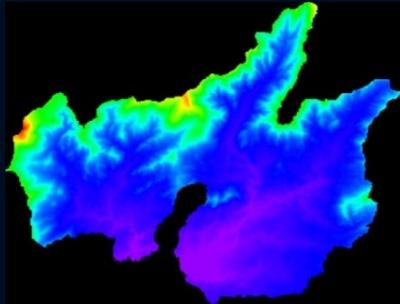
- Características físicas independientes para cada celda
- Parámetros en capas ráster:
 - Precipitación
 - Rugosidad
 - Almacenamiento
 - Infiltración



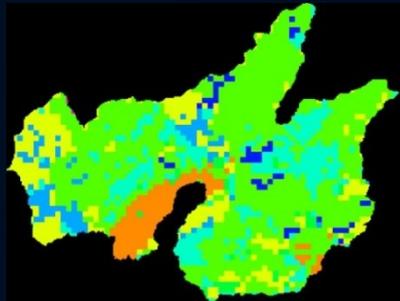
MODELO DISTRIBUIDO: PCRASTER

- Creación de base cartográfica (Resolución:100 m.)

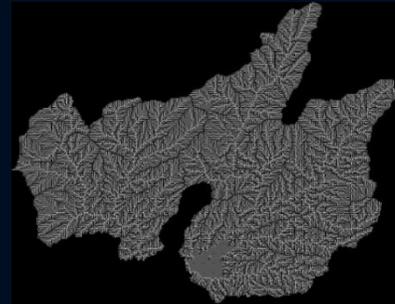
Modelo digital del terreno



Almacenamiento hídrico



Red de drenaje

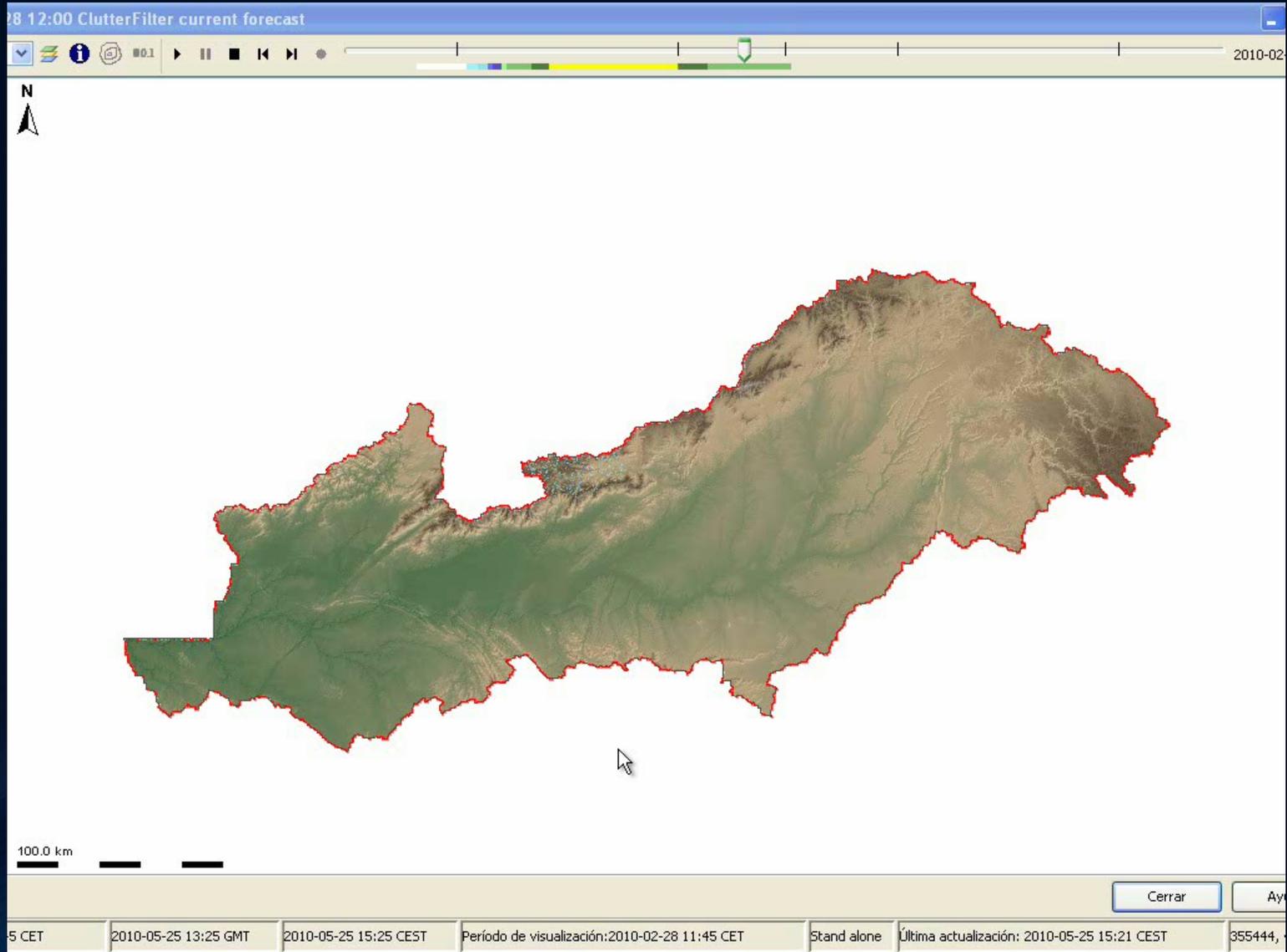


Polígonos de Thiessen de pluviómetros



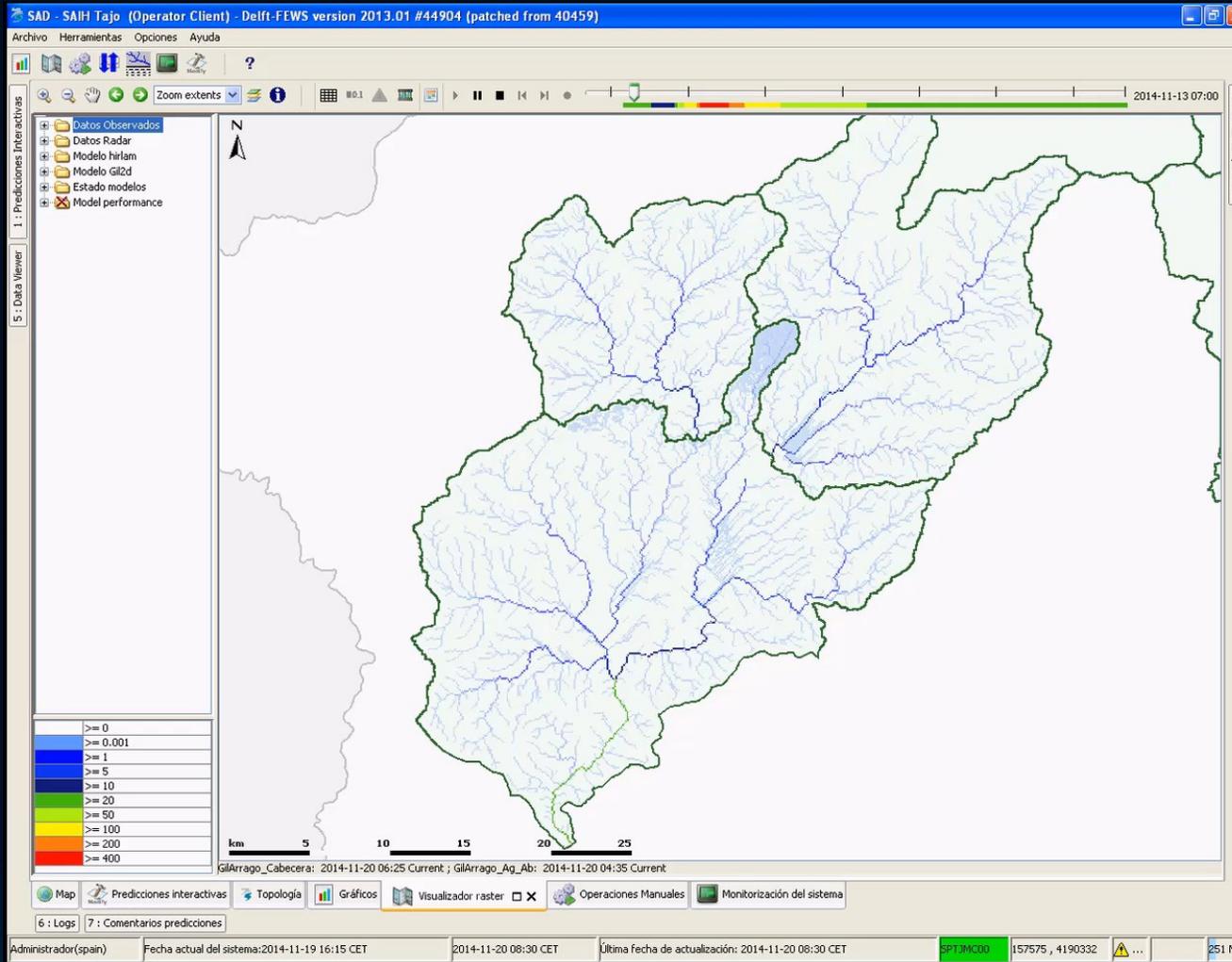
- Desarrollo del código del modelo

SAD

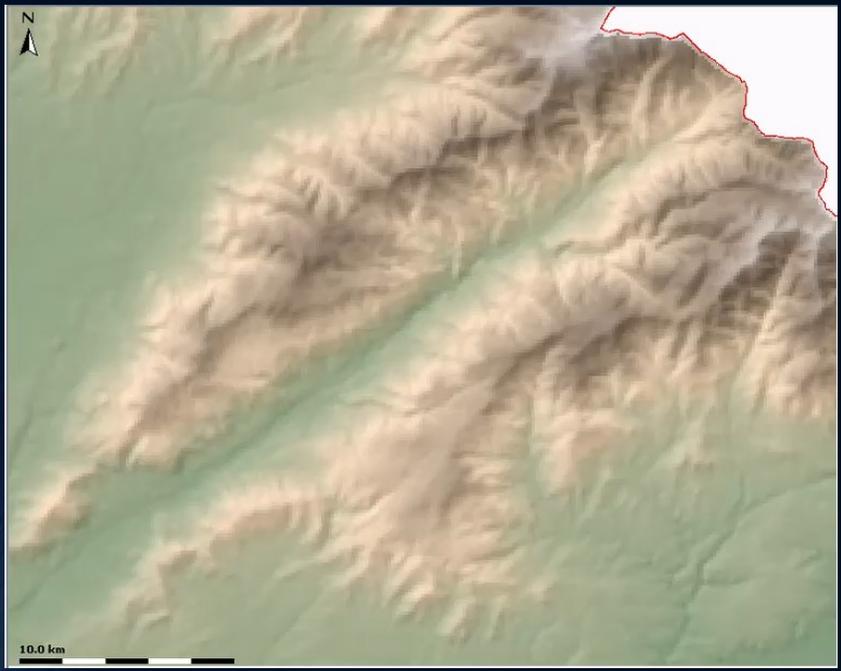




SAD

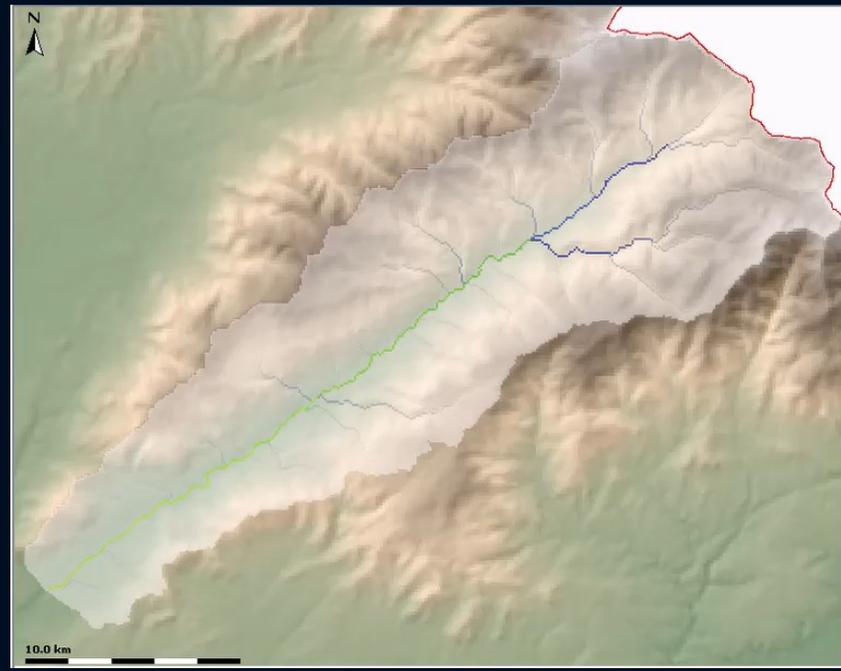


MODELO DISTRIBUIDO: PCRASTER



PRECIPITACIÓN

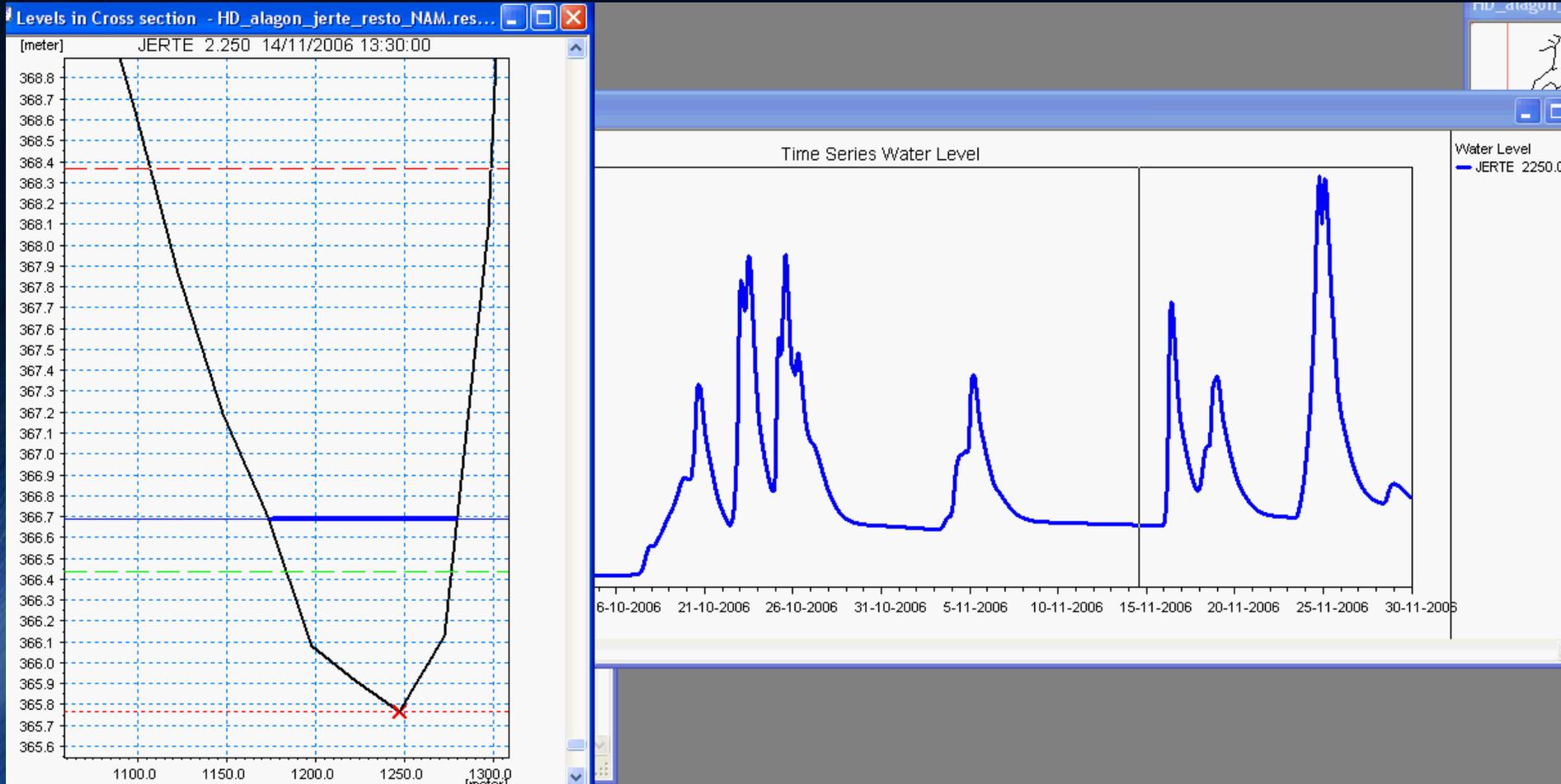
	≥ 0.02
	≥ 1
	≥ 5
	≥ 10
	≥ 15
	≥ 20
	≥ 30
	≥ 50



CAUDAL

	≥ 0
	≥ 0.004
	≥ 1.894
	≥ 3.787
	≥ 7.571
	≥ 18.928
	≥ 37.857
	≥ 75.71
	≥ 151.42

MODELO HIDRODINÁMICO 1D: MIKE 11



REGISTRO ALARMAS RED SAIH

07 - TIÉTAR





Temáticos

- Comunicaciones
- Alarmas Hidráulicas
- Alarmas de Sistema
- Pluviometría
- Embalses
- Aforos y Marcos

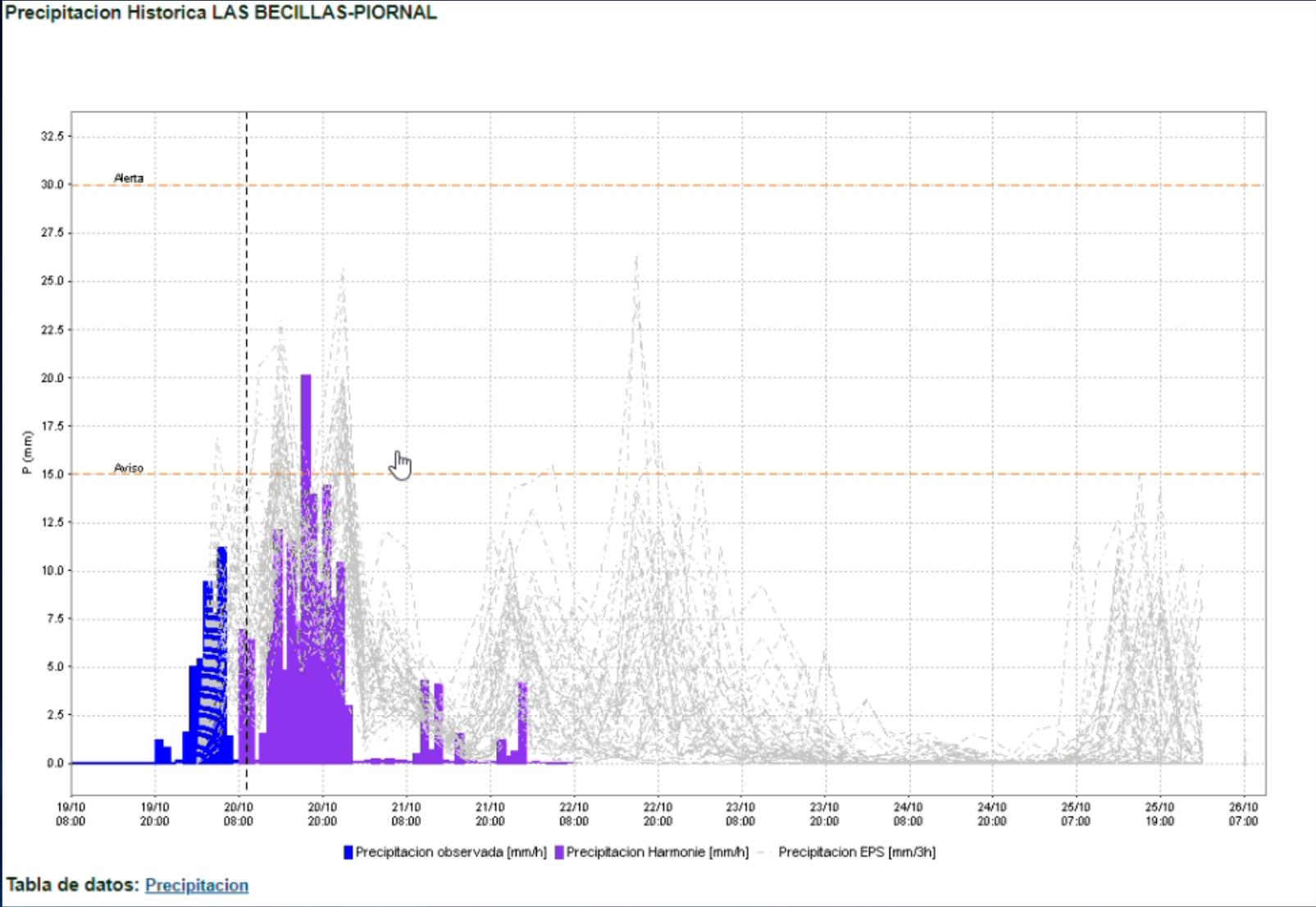
Tablas

- Pluviómetros
- Embalses
- Canales e Impulsiones
- Aforos y Marcos

Alarma Grave
 Alarma Leve
 Normal
 Manual
 Mala Calidad

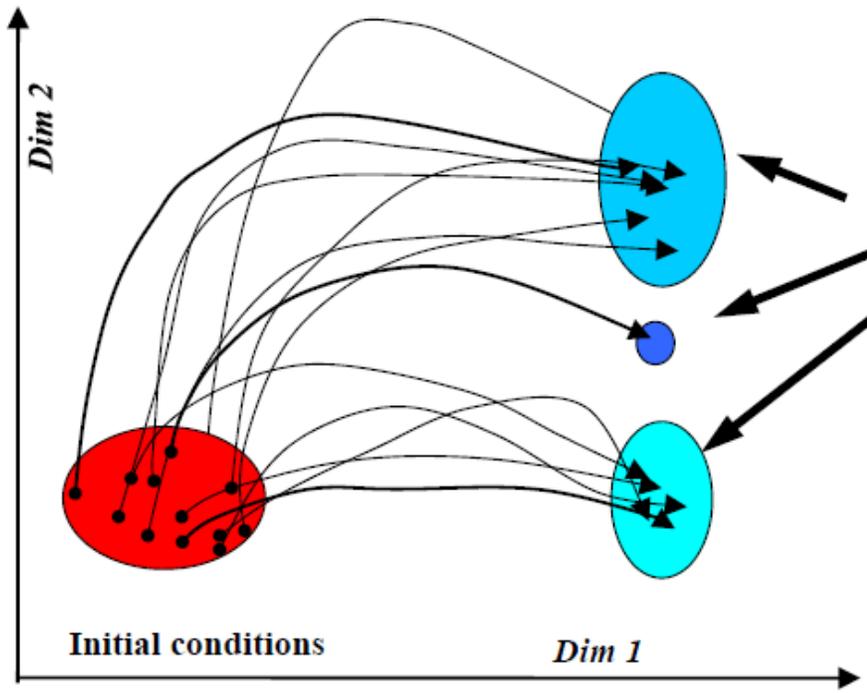
CÓD.	NOMBRE	COTA	ACTUAL	1H	2H	4H	8H	12H	24H	P. CON.
P_40	Casillas	1.127,00	0,60	5,60	7,00	11,80	16,80	19,40	19,40	19,60
P_41	Roblehermoso en Casaviejas	1.266,00	1,60	11,20	18,80	29,20	45,60	56,20	56,20	56,20
P_42	El Navajo en Villarejo del Valle	1.096,00	1,60	9,40	19,60	27,00	45,20	56,80	56,80	56,80
P_43	Fuente - Refugio en el Hornillo	1.152,00	0,80	13,40	29,60	45,20	70,40	84,40	84,40	84,40
P_44	Casa del Torno en Arenas de S. Pedro	749,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P_45	Santuario de Chilla en Candeleda	780,00	0,20	0,80	1,60	3,20	5,20	5,20	5,20	10,40
P_46	Barr. de la Hoz en Villanueva de la Vera	608,00	0,60	7,60	15,00	37,00	50,00	71,20	71,20	74,60
P_47	Central Eléctrica en Losar de la Vera	648,00	0,40	6,80	12,00	21,40	30,20	51,20	51,20	51,20
P_48	Cuartos de la Toma en Pional	1.170,00	2,20	12,40	20,20	34,00	40,60	50,00	50,40	50,40
E_31	Torrejón	205,00	0,00	1,20	4,60	6,20	6,20	7,60	9,20	16,60
E_32	Navalcán	344,00	1,80	2,00	2,00	3,00	4,60	7,20	7,20	5,00
E_33	Rosarito	301,00	0,80	5,40	8,60	13,40	17,60	30,60	30,60	31,40
E_50	Navalmoral de la Mata	317,00	0,20	2,60	3,40	5,40	7,80	17,60	17,80	17,80
AR28	Tietar en La Iglesiasuela	433,00	0,20	4,60	6,60	8,80	11,60	14,00	14,00	14,00
AR29	Tietar en Arenas de San Pedro	363,00	1,80	5,20	8,00	11,00	14,40	19,60	19,60	19,60
AR30	Gª Alardos en Madrigal de la Vera	361,00	0,40	6,00	10,00	20,20	32,60	50,40	50,40	51,40
AR31	Gª Minchones Villanueva de la Vera	352,00	0,80	6,80	11,00	25,00	34,60	53,20	53,20	54,00
AR32	Gª Cuartos en Losar de la Vera	351,00	0,20	10,80	14,60	20,60	28,20	46,60	46,80	46,80
AR33	Gª Jaranda en Jaraiz de la Vera	544,00	0,20	5,00	6,00	8,60	10,20	20,60	20,80	20,80
AR34	Arenal en Arenas de San Pedro	387,00	0,80	5,80	8,80	12,00	16,00	21,60	21,60	21,60
MC05	Tietar en Valverde de la Reina	275,00	0,20	4,80	5,20	12,20	16,80	29,20	29,40	29,40

SAD – VISUALIZACIÓN PREDICIONES PRECIPITACIÓN



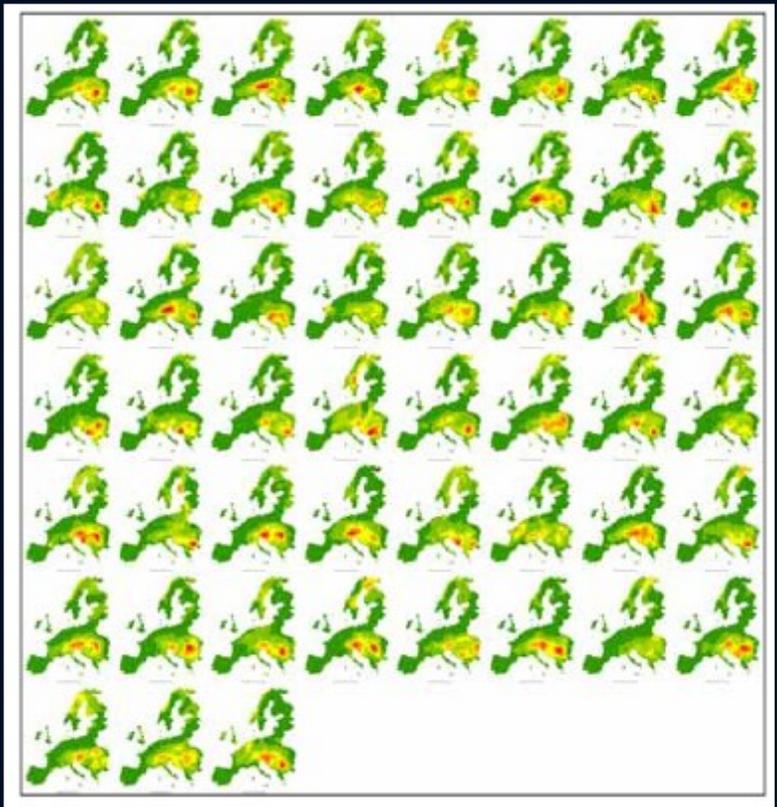
EPS

Ensemble Prediction System

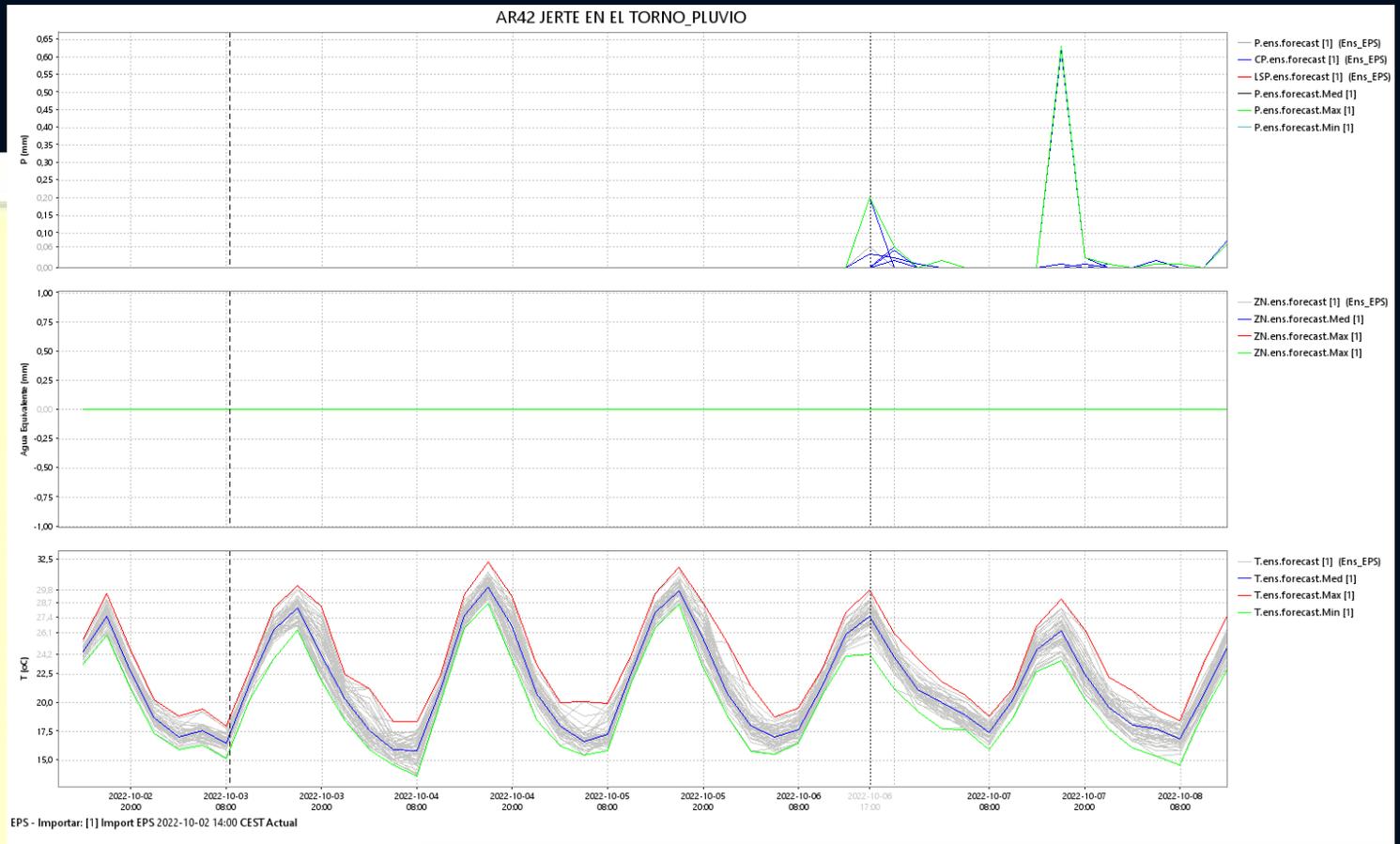
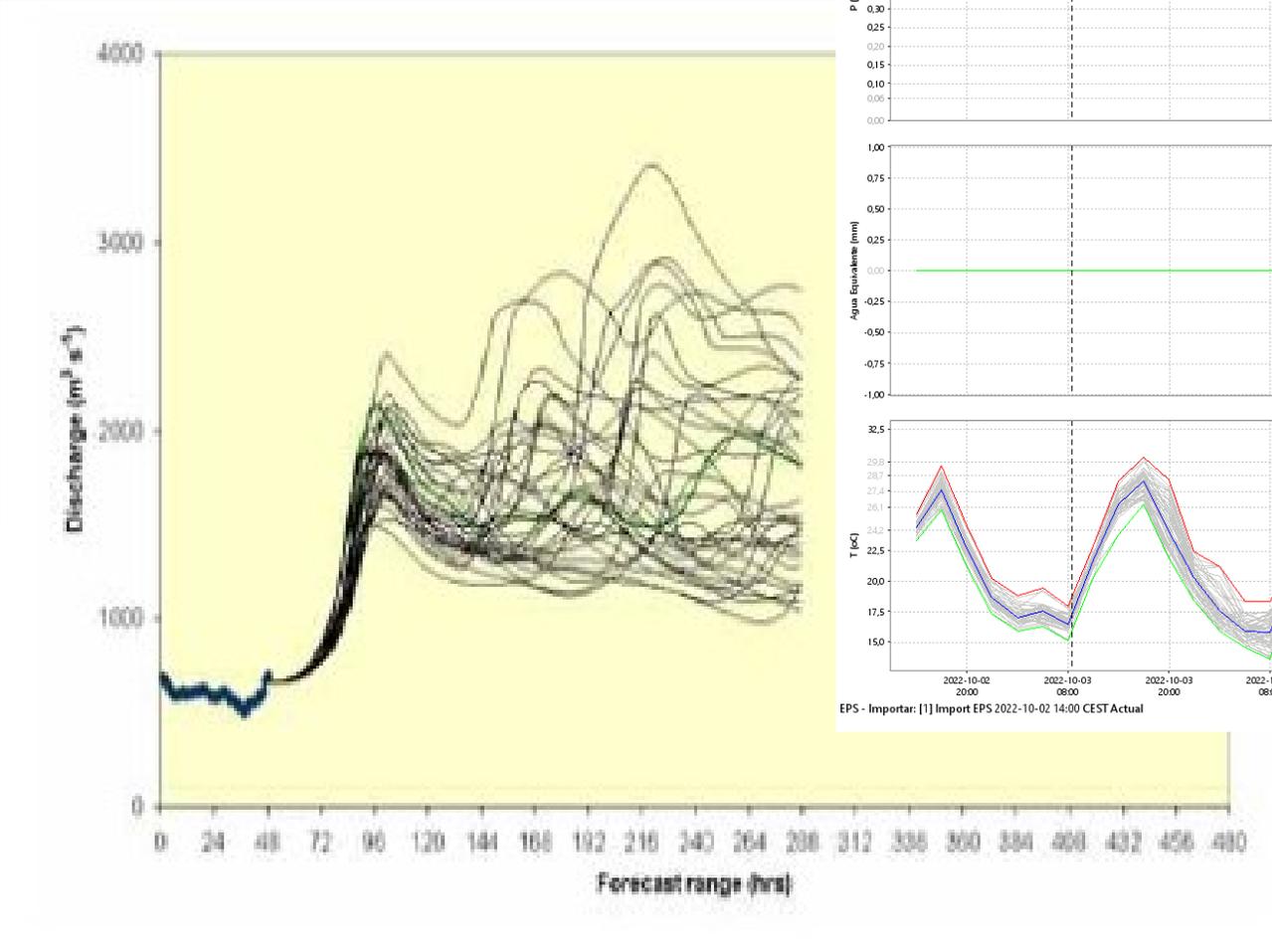


Possible evolution scenarios

Errors in initial conditions lead to growing errors in numerical weather prediction models



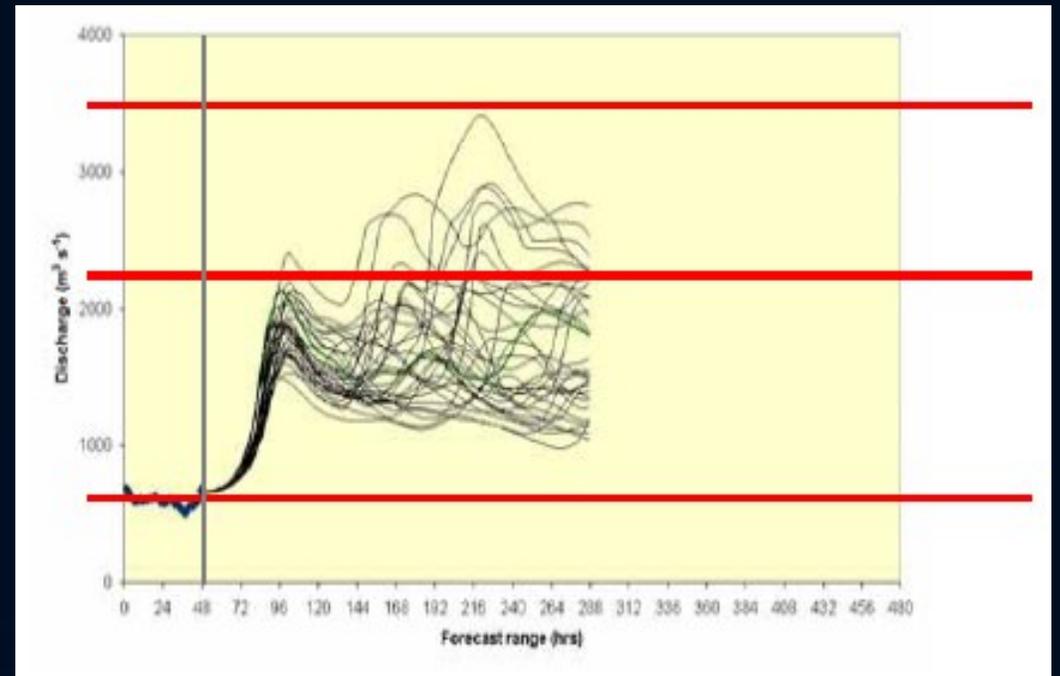
EPS





EFAS - UMBRALES

- Si el umbral de inundación está aquí, no hay ningún problema
- Si el umbral está aquí, puede haber problemas
- Si el umbral está aquí, hay mucha certeza de ocurrencia de problemas



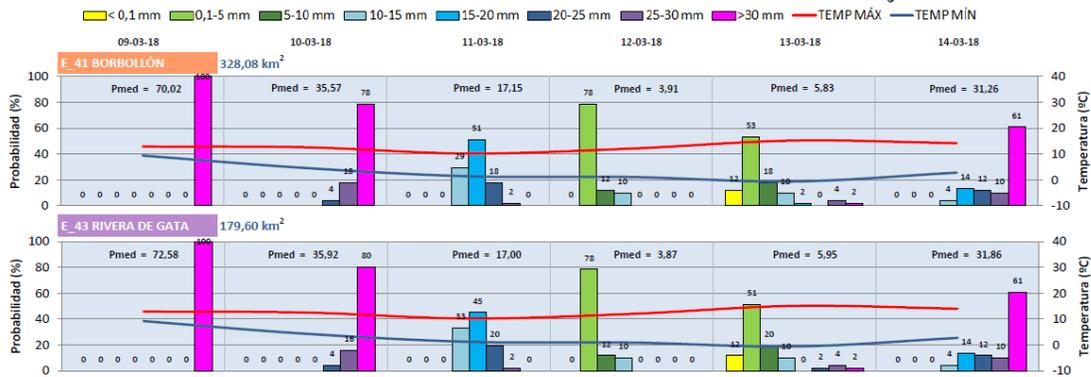
PREDICCIÓN METEOROLÓGICA CUANTIFICADA

PREDICCIÓN DE PRECIPITACIÓN EN EMBALSES DEL 9-3-2018 AL 14-3-2018

9.- SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DEL ÁRRAGO

SAIH-TAJO

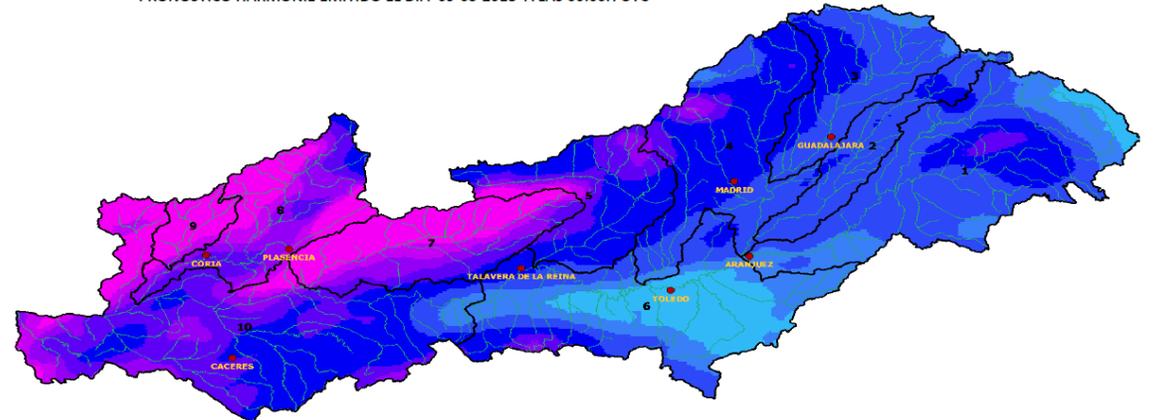
- E_41 BORBOLLÓN
- E_43 RIVERA DE GATA



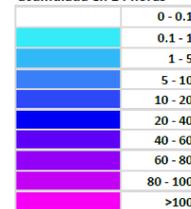
Elaborado el 9-3-2018 con la predicción de Ensembles Meteorológicos (EPS) proporcionada por AEMET correspondientes al 9-3-2018, pasada de las 00:00 h. Las predicciones de cada día se corresponden a la precipitación acumulada entre las 00 UTC de ese día y las 00 UTC del día siguiente (Hora peninsular: Invierno UTC+01; Verano UTC+02)

ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 24H. (mm) PARA EL DÍA 09-03-2018

PRONOSTICO HARMONIE EMITIDO EL DÍA 09-03-2018 A LAS 00:00H UTC



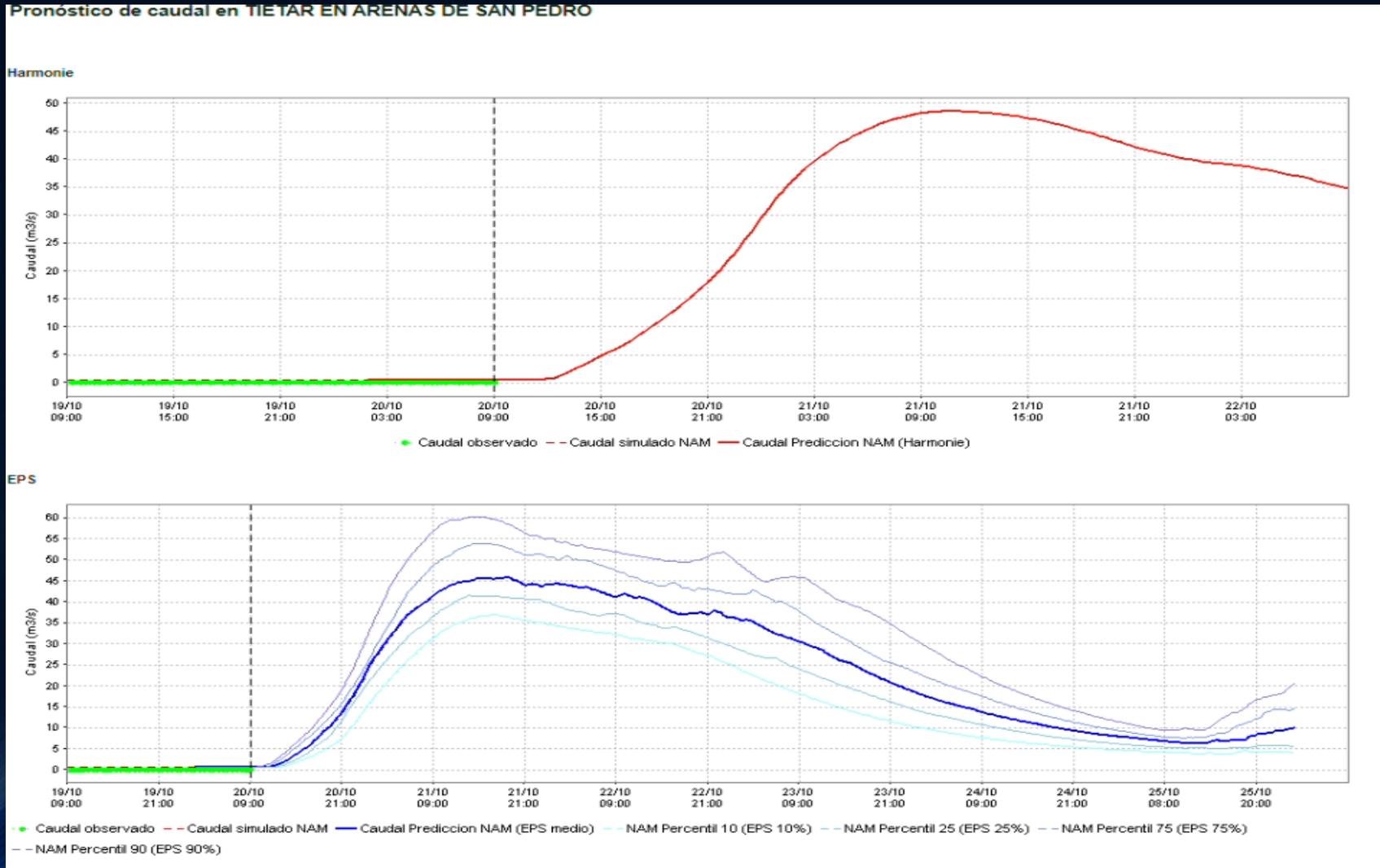
Estimación de Precipitación (mm) acumulada en 24 horas



CUENCA HIDROGRÁFICA DEL TAJO					
CÓDIGO	ZONAS HIDROGRÁFICAS	Pmedia (mm)	CÓDIGO	ZONAS HIDROGRÁFICAS	Pmedia (mm)
01	CABECERA	7,9	06	MARGEN IZQUIERDA	5,6
02	TAJUÑA	8,1	07	TIÉTAR	55,7
03	HENARES	8,7	08	ALAGÓN	43,4
04	GUADARRAMA - JARAMA	13,5	09	ÁRRAGO	68,7
05	ALBERCHE	21,5	10	BAJO TAJO	26,1

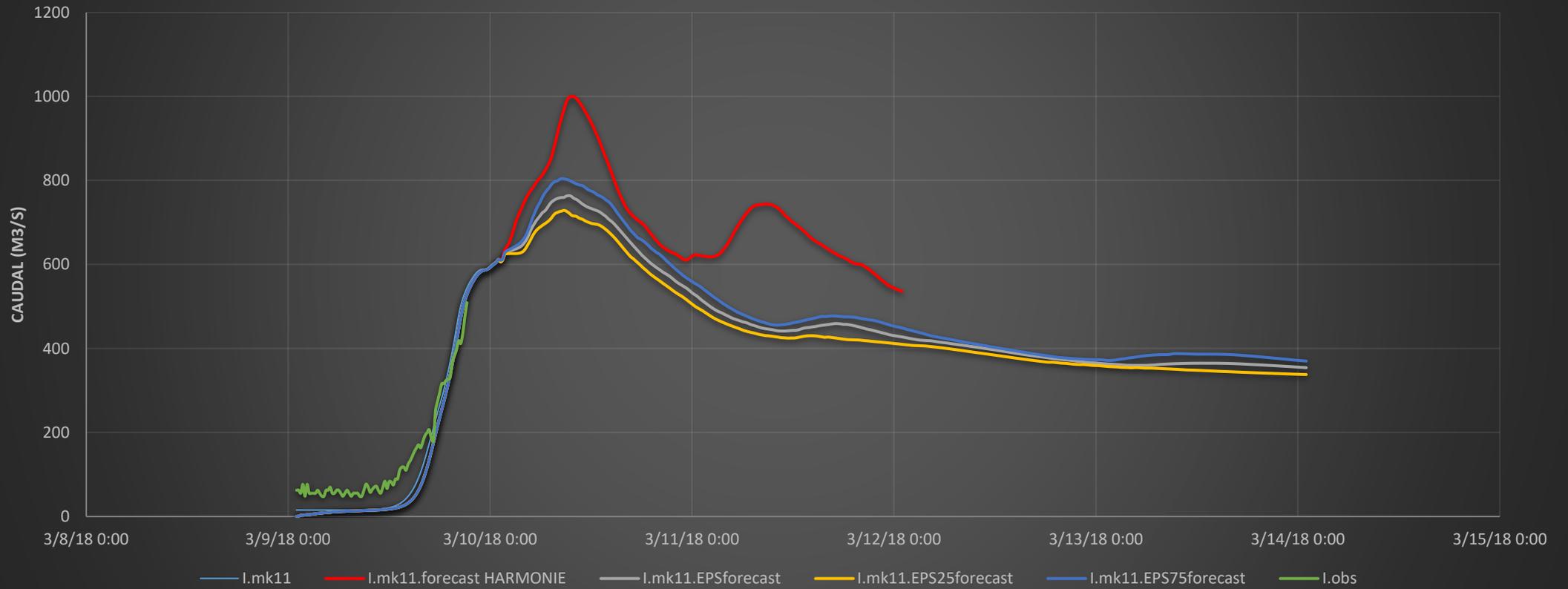


SAD – VISUALIZACIÓN PREDICCIONES CAUDAL



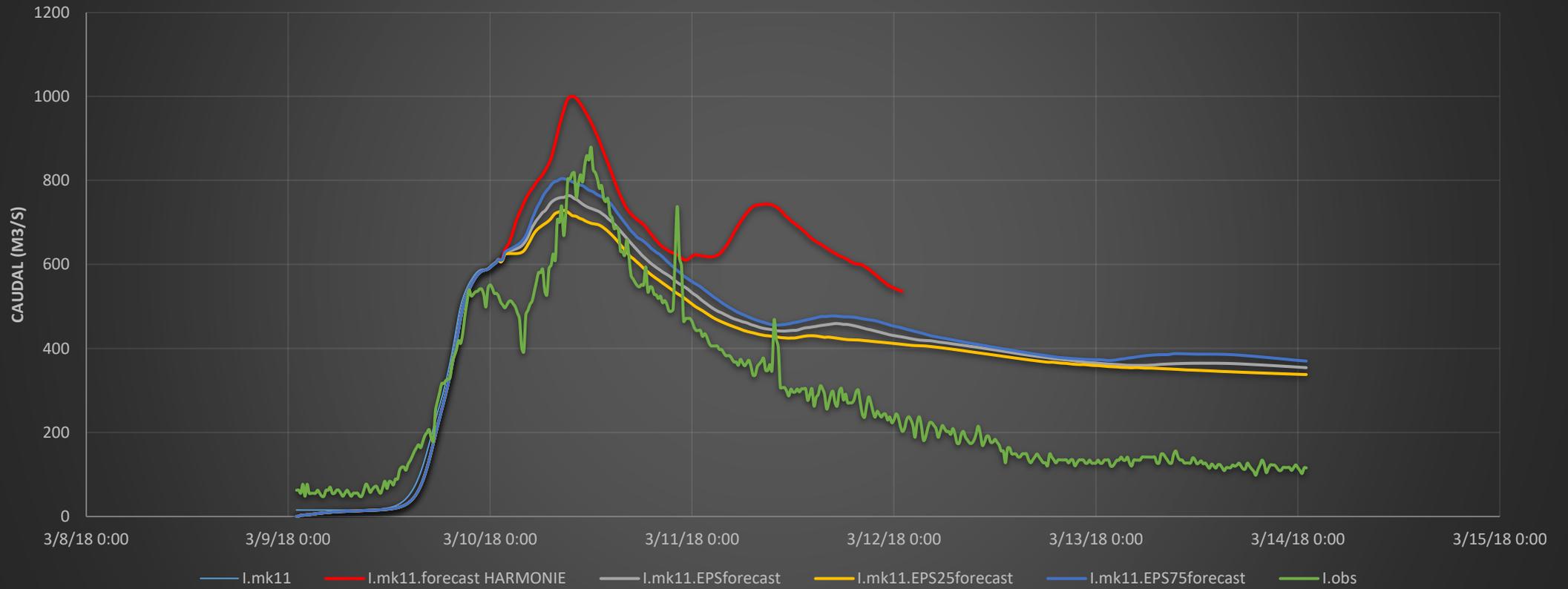
SAD

PREDICCIÓN PRESA DE ROSARITO – EPISODIO MARZO 2018



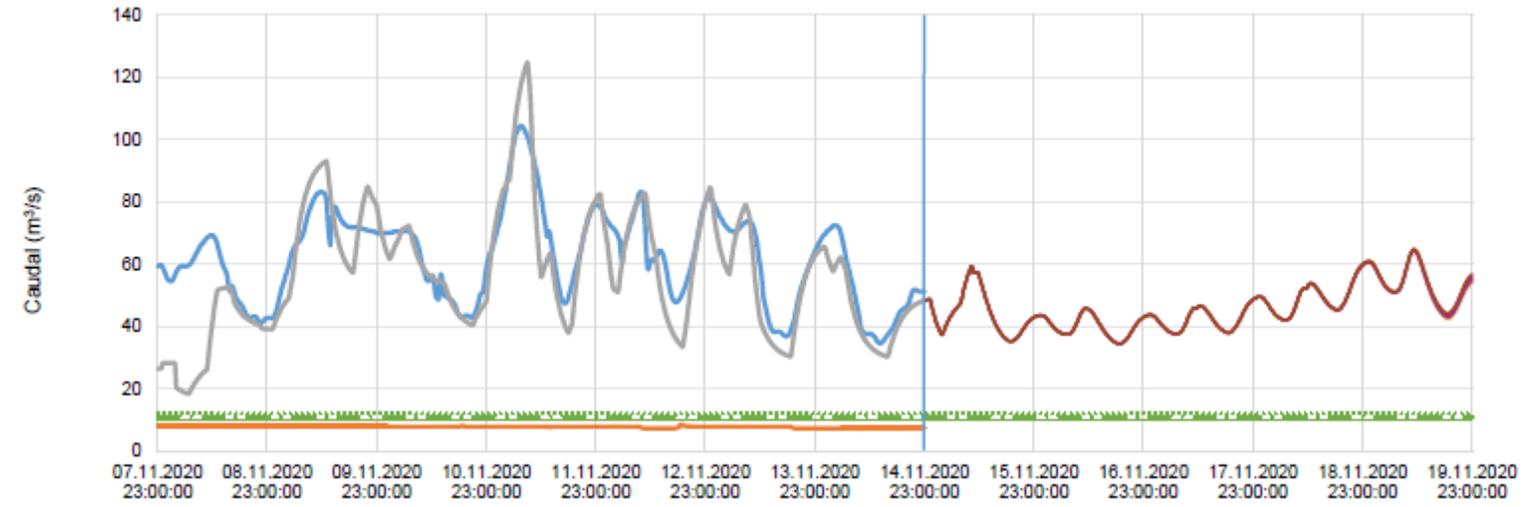
SAD

PREDICCIÓN PRESA DE ROSARITO – EPISODIO MARZO 2018



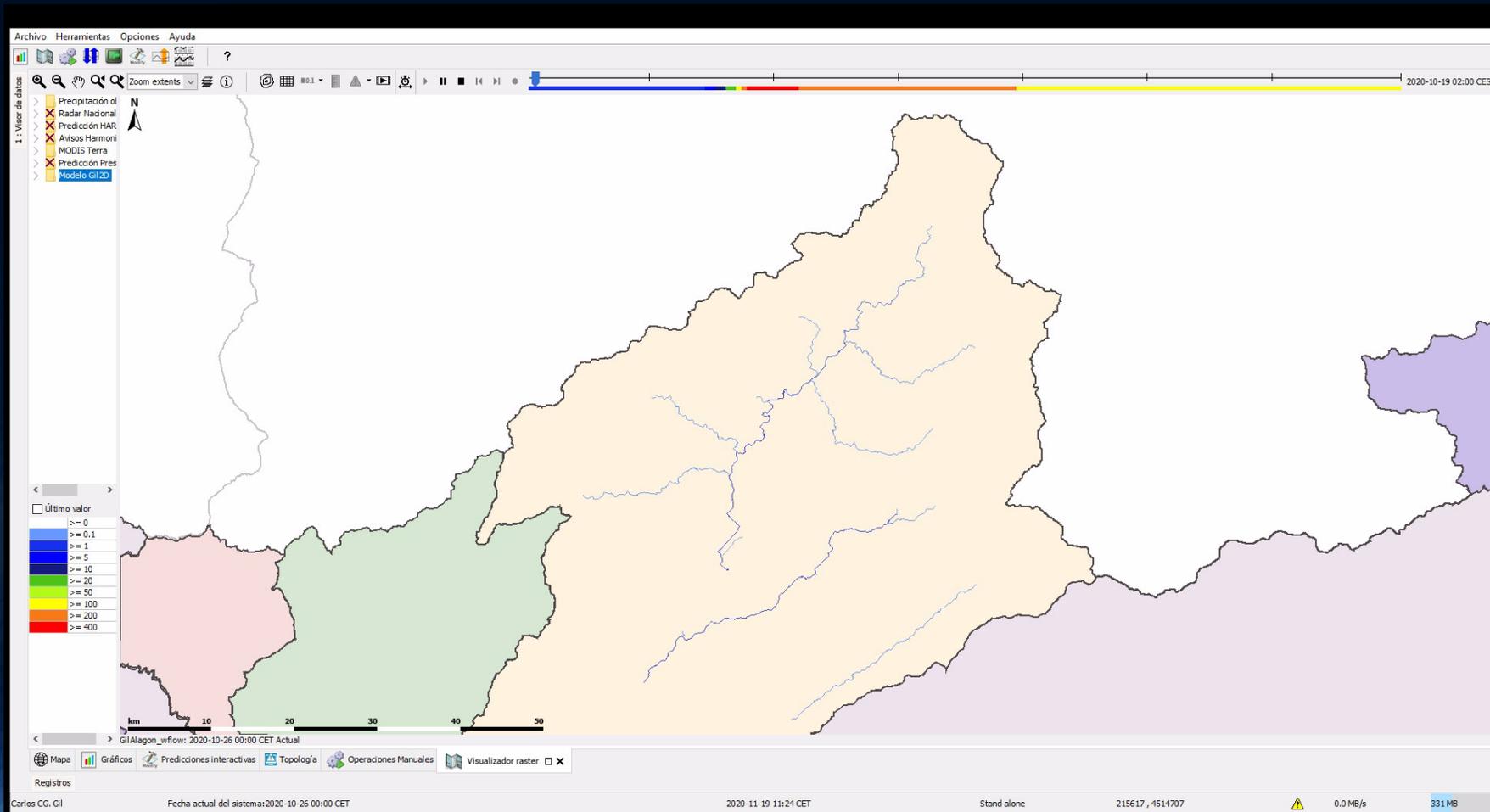
TALAVERA DE LA REINA

AR71: TAJO EN LAS VISTILLAS

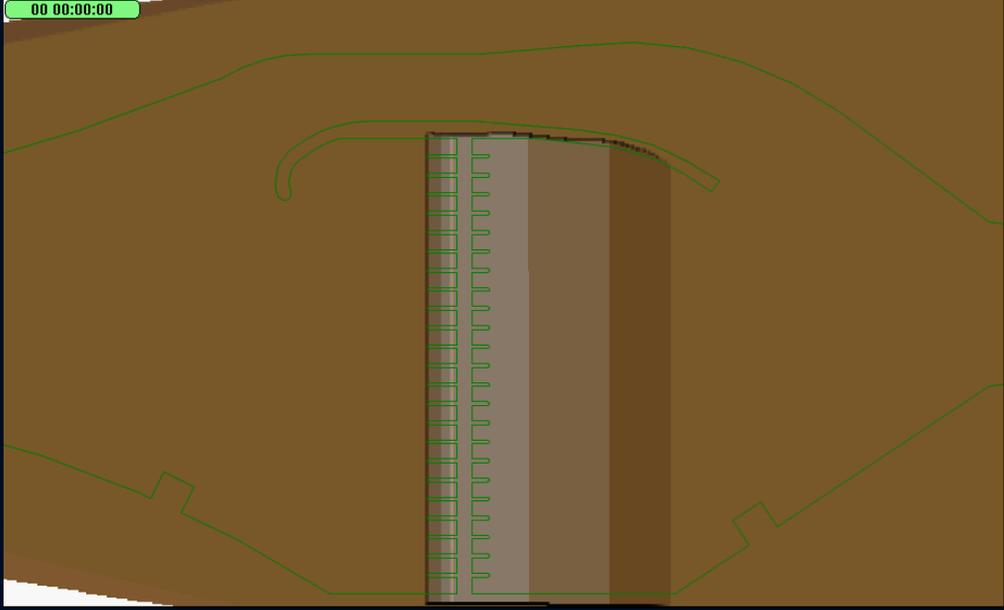


- ALMOGUERA - CA (Consigna actual)
- DATOS OBSERVADOS
- SIMULACION MINERVE
- PRED 1 # CA +2
- PRED 2 # CA +1
- PRED 3 # CA
- PRED 4 # CA -1
- PRED 5 # CA -2
- Q ECOL
- - - 110% Q ECOL
- 120% Q ECOL

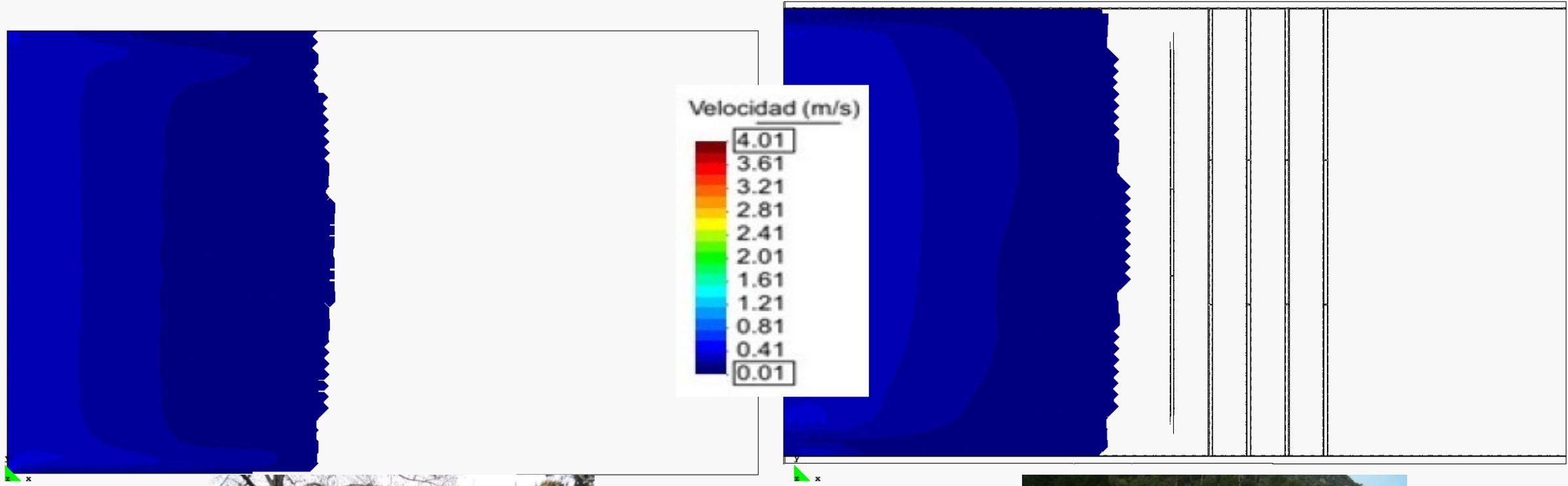
PCRASTER SUBCUENCA ALAGÓN OCTUBRE 2020



AFORADOR VENTURI VALDEOBISPO



ESCALA DE PECES EN AFOROS VFLAT





TRABAJOS ACTUALES

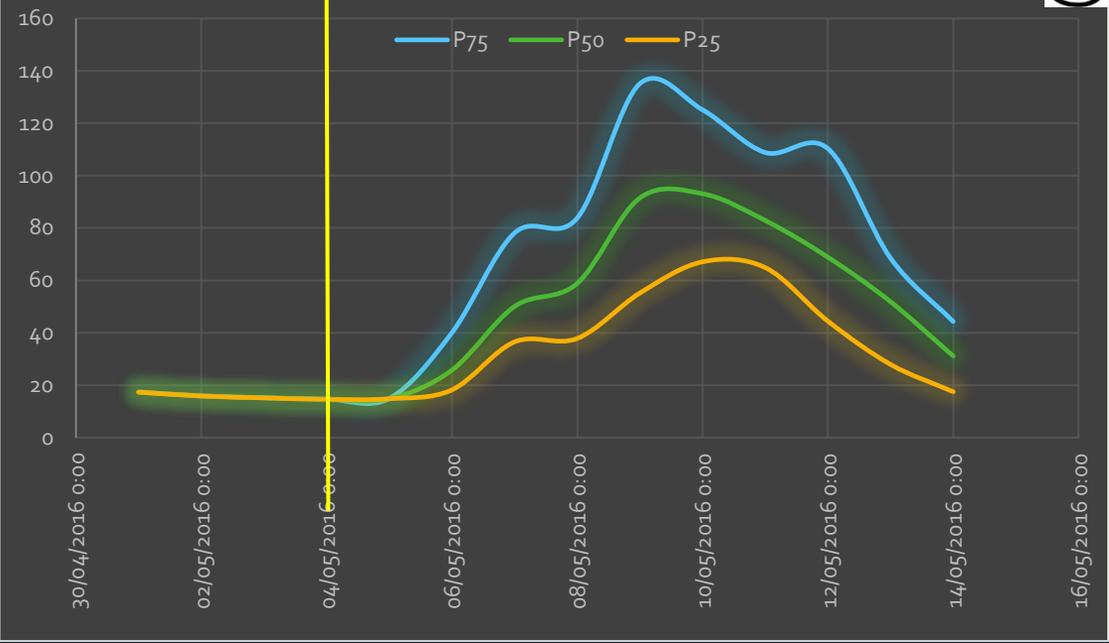
- MANTENIMIENTO CONTINUO
- CALIBRACIÓN DE LOS MODELOS CONSTRUIDOS
- CORRELACIÓN DE LAS PREDICCIONES CON LOS RESGUARDOS ESTACIONALES DE LAS PRESAS
- CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE APORTACIÓN PARA CADA PREVISIÓN
- APLICACIÓN DE LAS NORMAS DE EXPLOTACIÓN DE LAS PRESAS
- NOWCASTING METEOROLÓGICO

GESTIÓN DE PRESAS

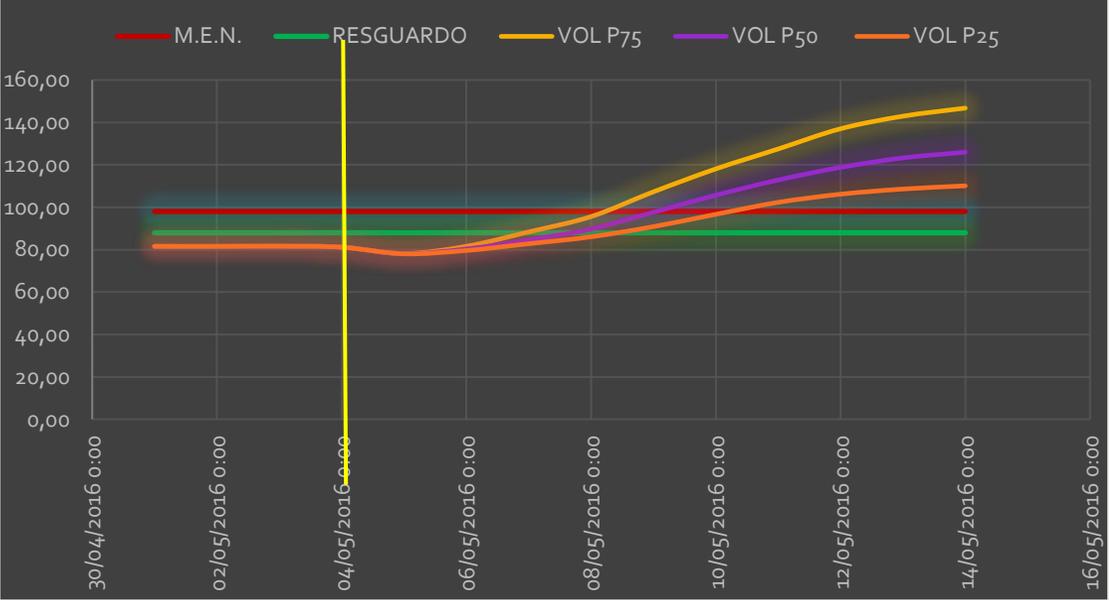
CURVA DE RESGUARDOS PRESA DE BURGUILLO



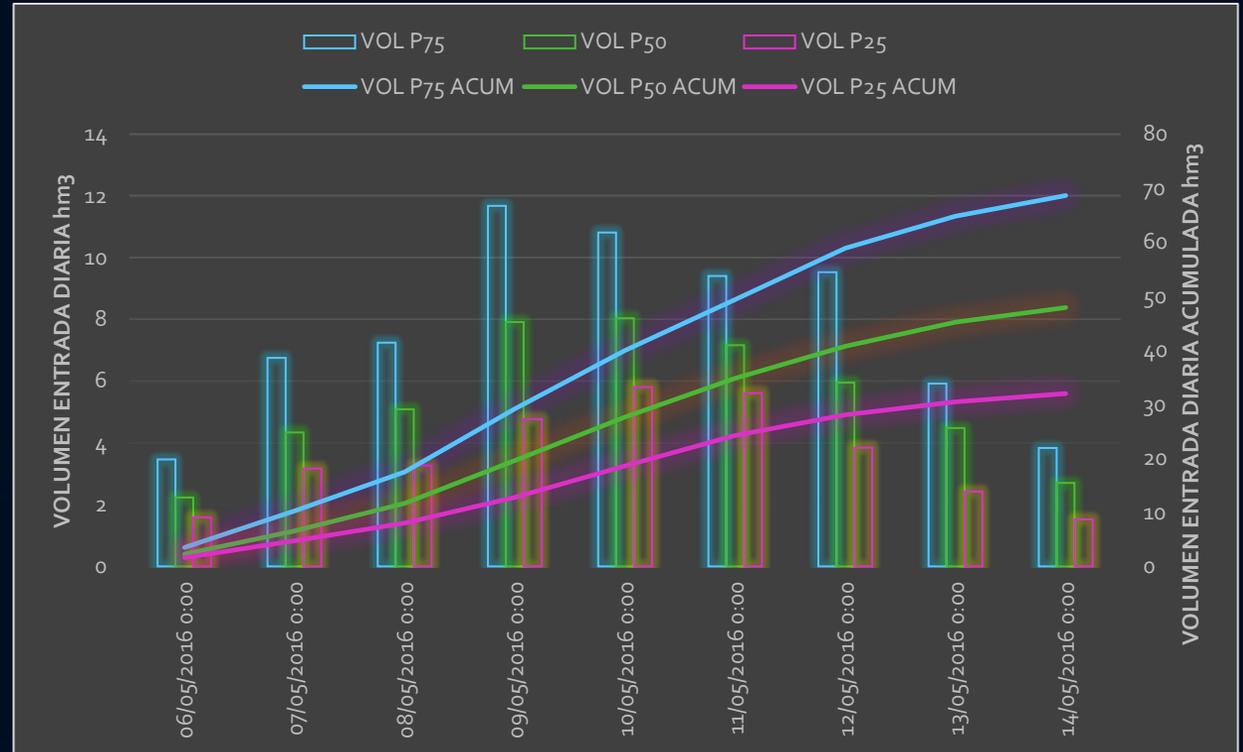
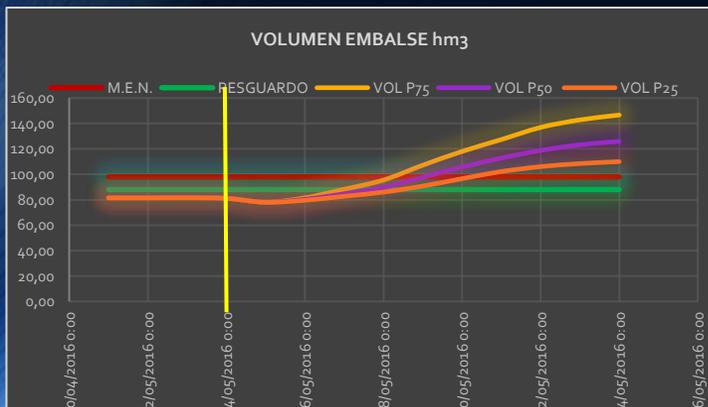
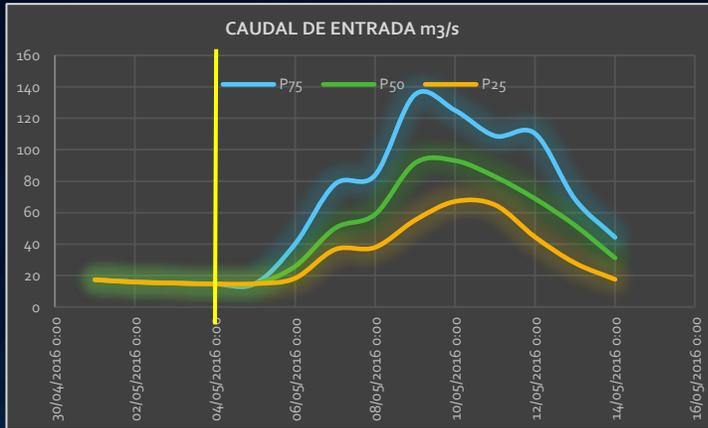
CAUDAL DE ENTRADA m³/s



VOLUMEN EMBALSE hm³



GESTIÓN DE PRESAS



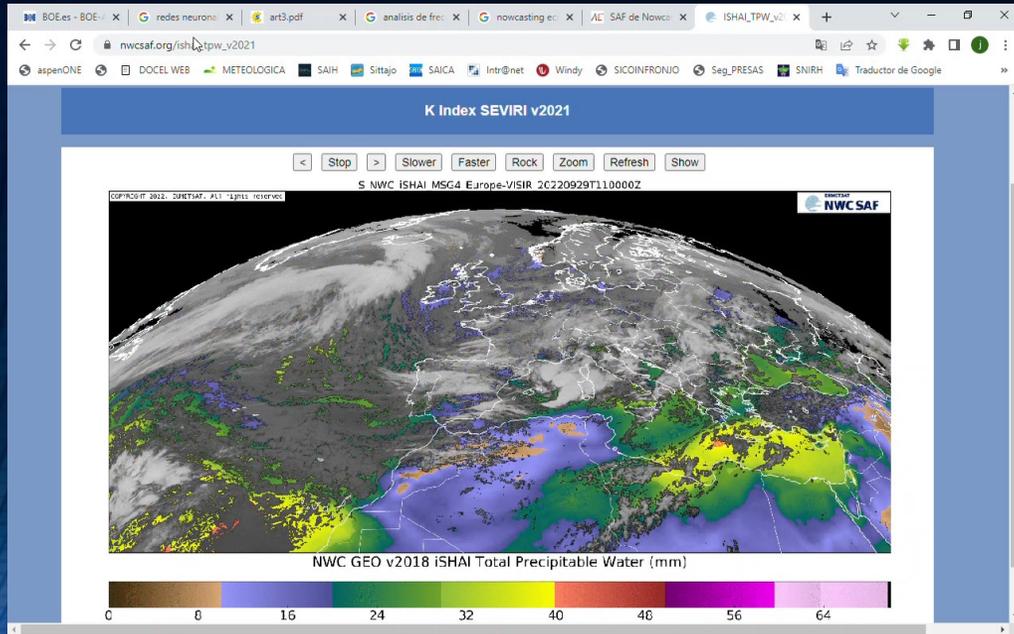
NOWCASTING

- Productos en la nube
- Productos de precipitación
- Productos de convección
- Productos de humedad o inestabilidad
- Vientos productos
- Productos de modelos conceptuales
- Productos de imágenes extrapoladas

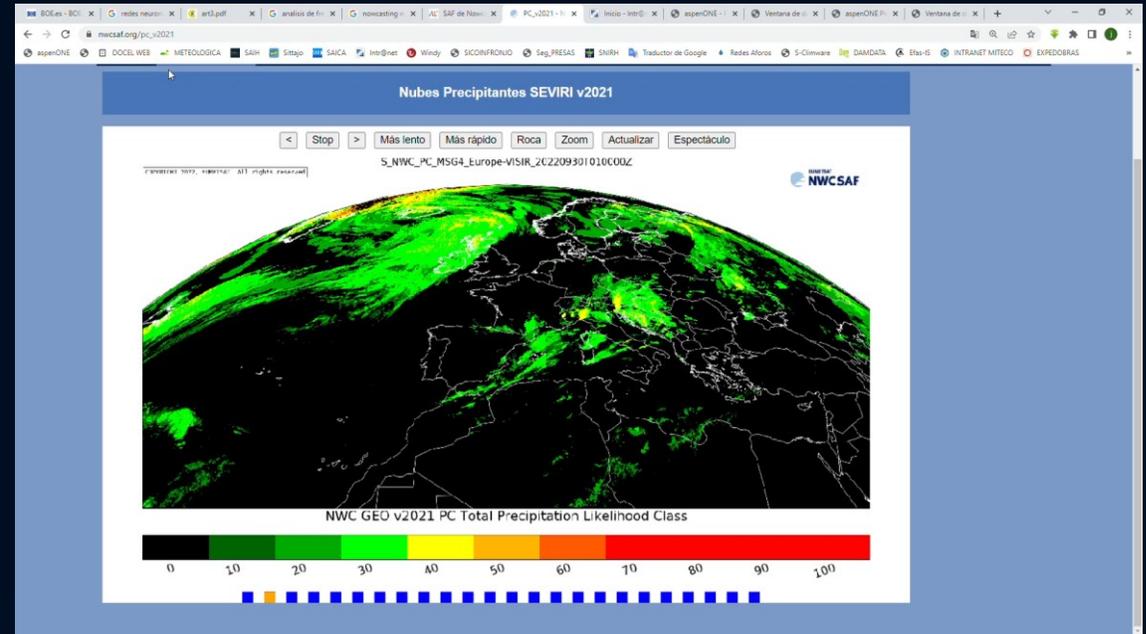


<https://www.nwcsaf.org/>

NOWCASTING



AGUA PRECIPITABLE TOTAL



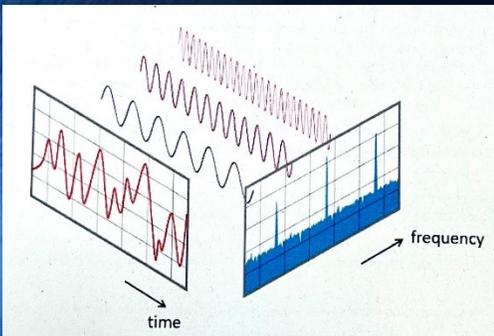
NUBES PRECIPITANTES



<https://www.nwcsaf.org/>

PRÓXIMOS RETOS

- APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL- REDES NEURONALES
- CASO DE ESTUDIO:
 - EJE MEDIO DEL TAJO



Análisis frecuencial

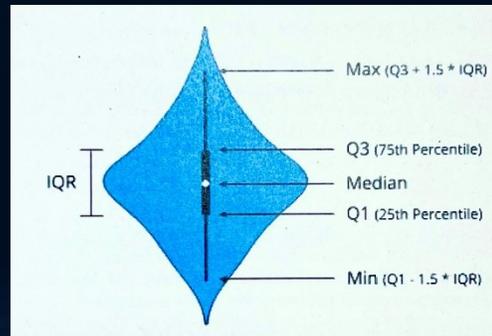
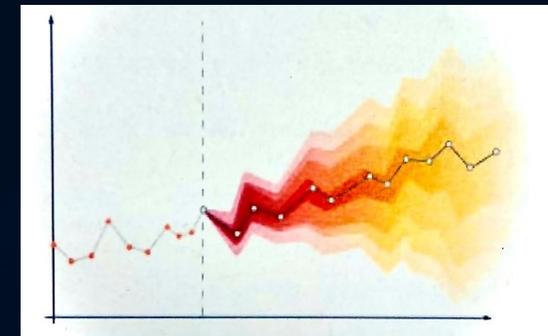


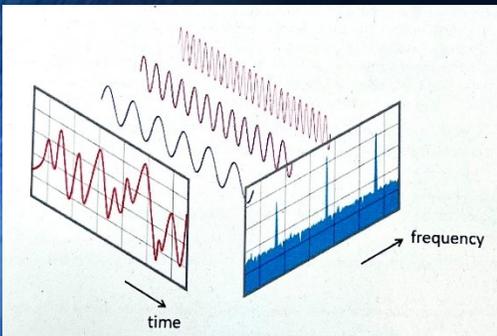
Gráfico violín



Prognosis en base a consignas

PRÓXIMOS RETOS

- APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL- REDES NEURONALES
- CASO DE ESTUDIO:
 - EJE MEDIO DEL TAJO



Análisis frecuencial

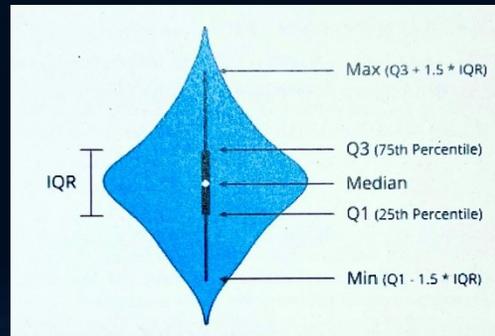
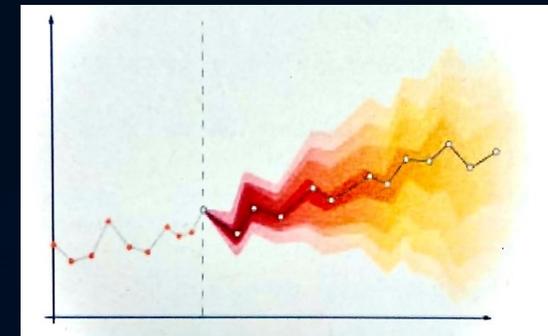
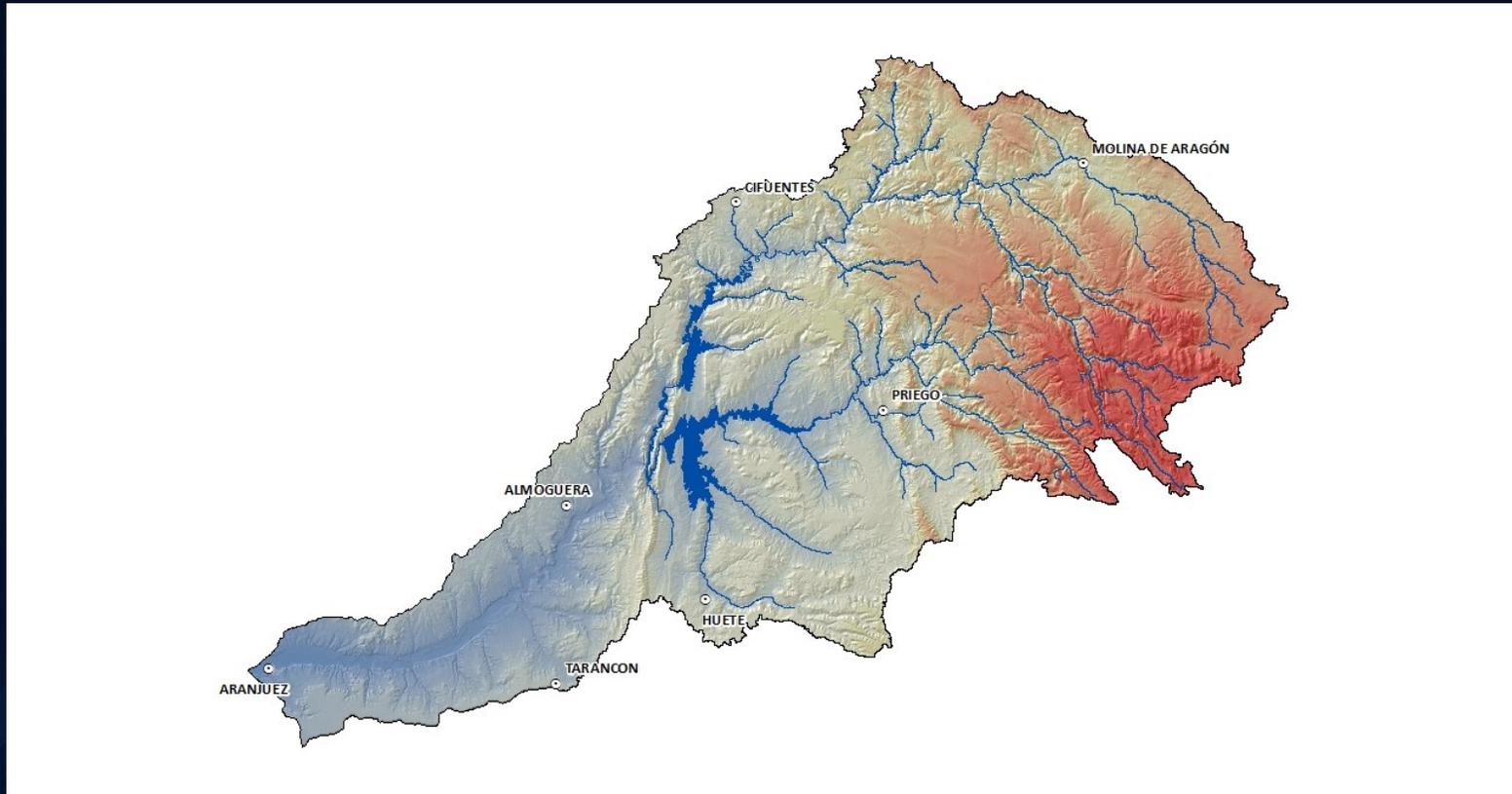


Gráfico violín

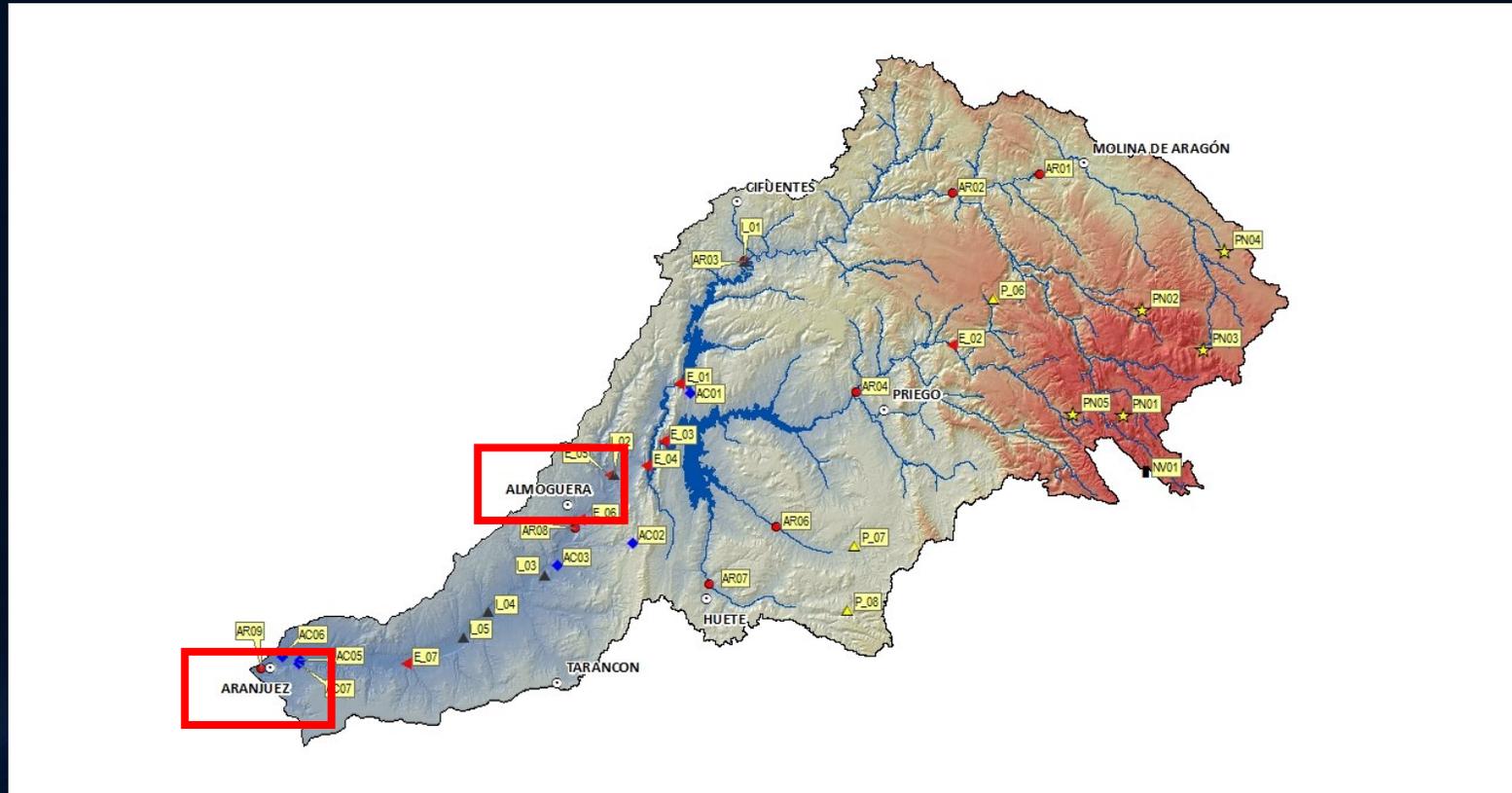


Prognosis en base a consignas

CASO DE ESTUDIO: EJE MEDIO DEL TAJO



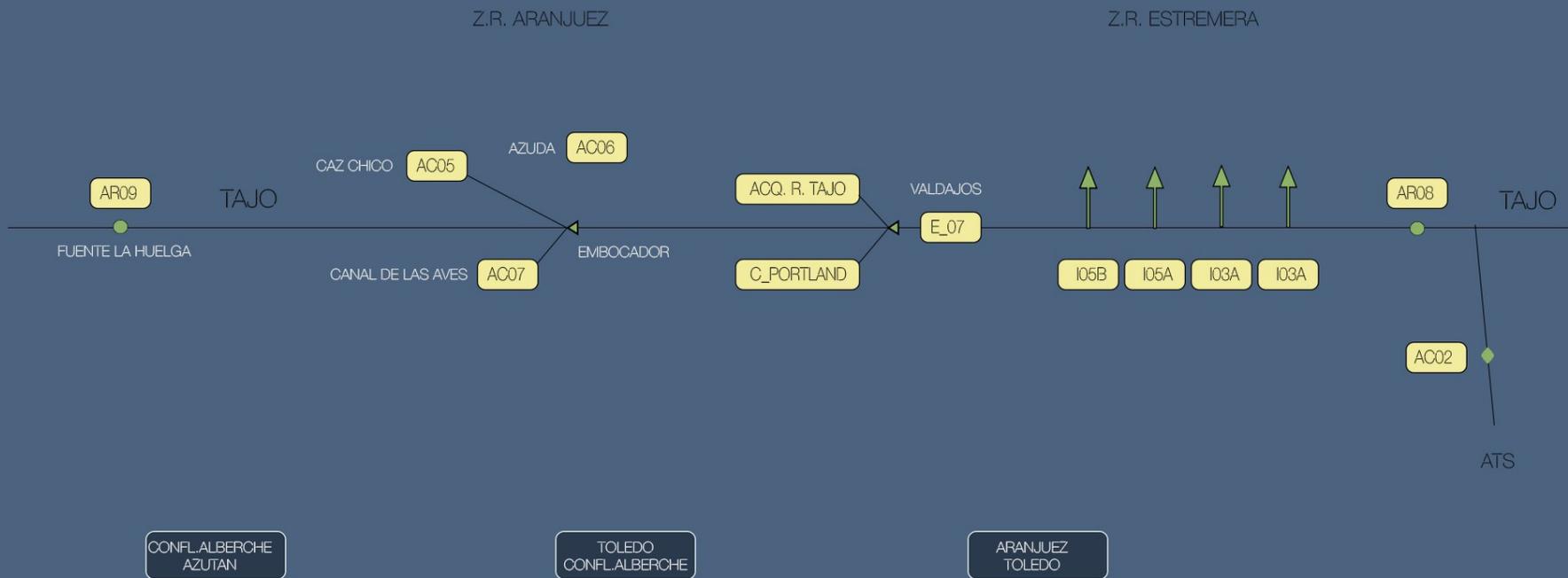
CASO DE ESTUDIO: EJE MEDIO DEL TAJO



CASO DE ESTUDIO: EJE MEDIO DEL TAJO

CONTROL EJE MEDIO DEL TAJO

ALMOGUERA - ARANJUEZ



	SAIH	S.A.D.	AVISOS
NECESIDADES	Garantizar la continuidad de los contratos de mantenimiento	Personal propio en los equipos SAIH	Trabajo coordinado con P.C. para la definición de umbrales de aviso
FUTURO	Ampliación y optimización de las redes de medida	Seguir incorporando ciencia y tecnología en lo existente e implantar SAD 's donde no estén desarrollados	Análisis de riesgos



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL TAJO, O.A.

SAIH-TAJO

MUCHA GRACIAS POR SU
ATENCIÓN