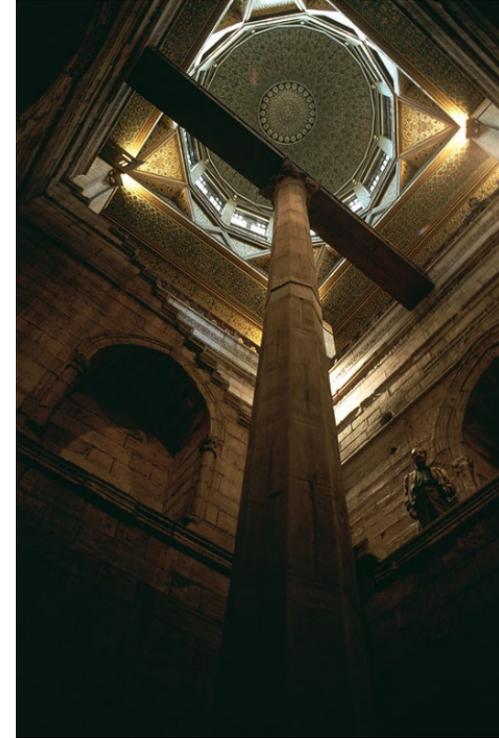
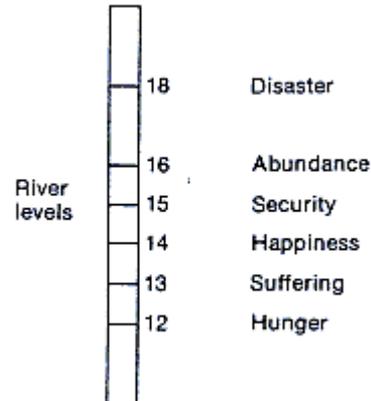




## Contenido

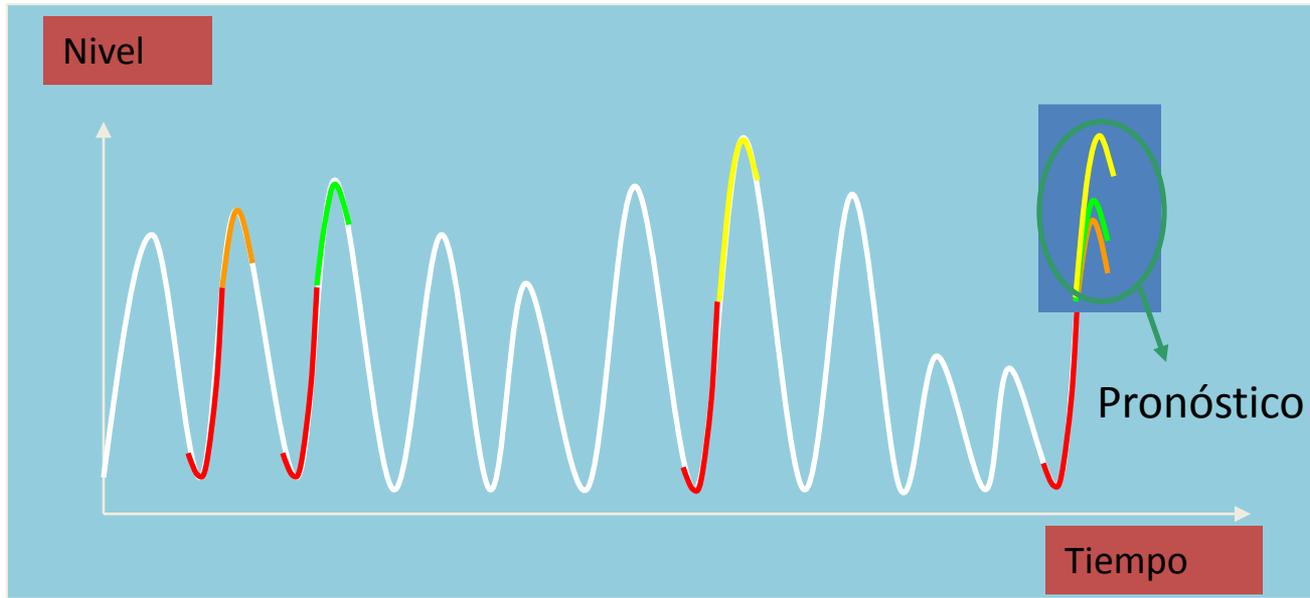
- La Historia – Pronósticos Hidrológicos (< 1900)
- La Historia – Pronósticos Hidrológicos (1970 – 1990)
- Las primeras sistemas de pronóstico (1990 – 2000)
- La evolución de los sistemas de pronóstico (2000-2010)
- Del pronostico hidrológico al impacto social (2010-2020)
- El futuro de pronóstico hidrológico (2020 - ...)



Nilometro (860AD - ....)

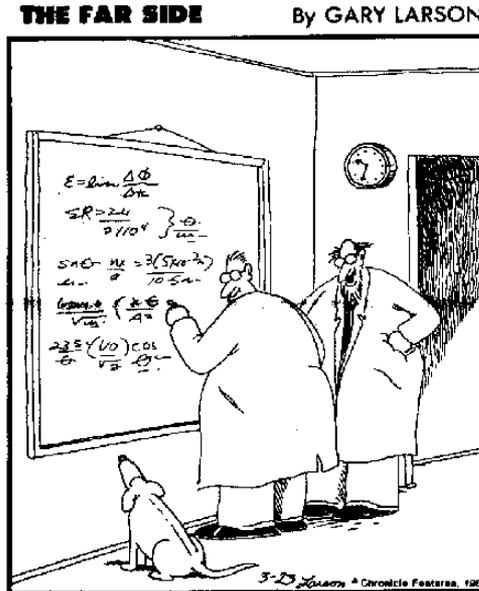
## La Historia – Pronósticos Hidrológicos (<1900)

- Seleccionar años analógicos comparando las mediciones más recientes

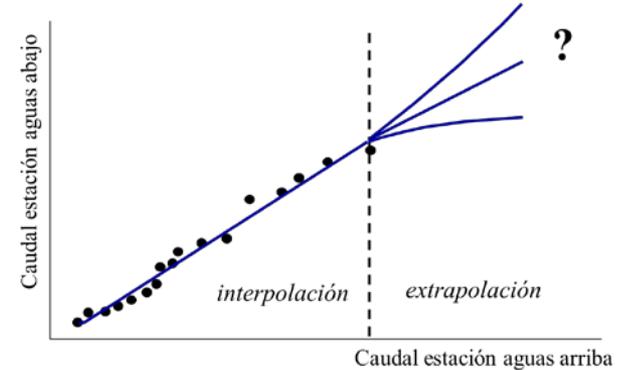


Nilometro (860AD - ....)

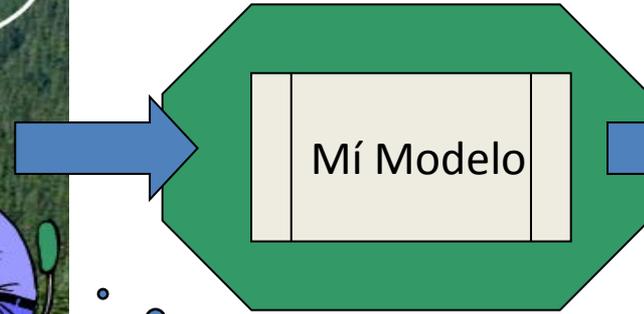
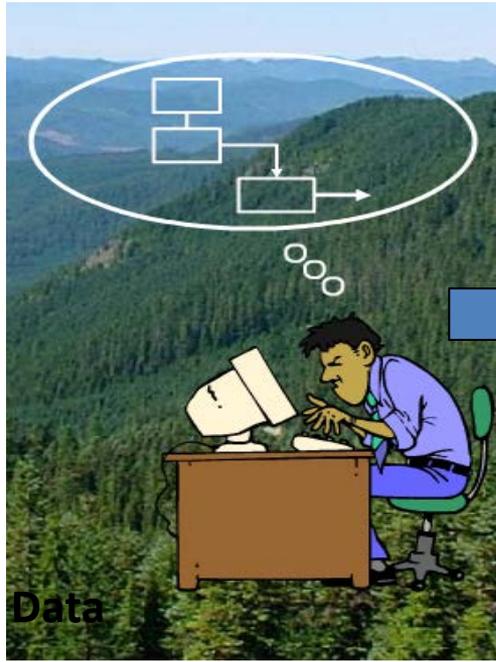
# La Historia – Pronósticos Hidrológicos (1970 – 1990)



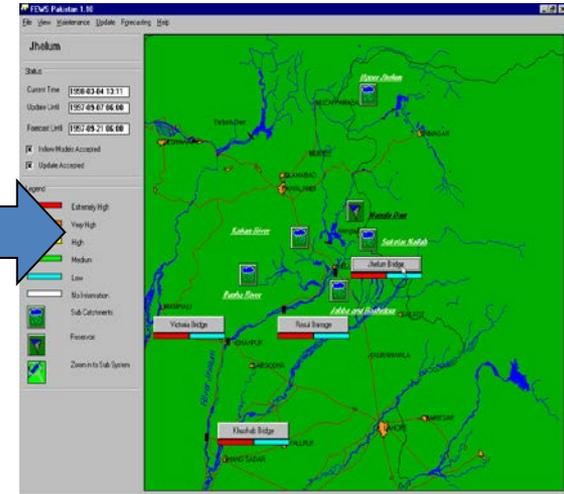
"Ohhhhhh . . . Look at that, Schuster . . .  
 Dogs are so cute when they try to comprehend  
 quantum mechanics."



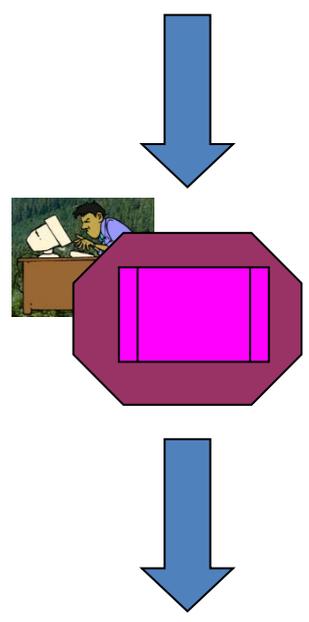
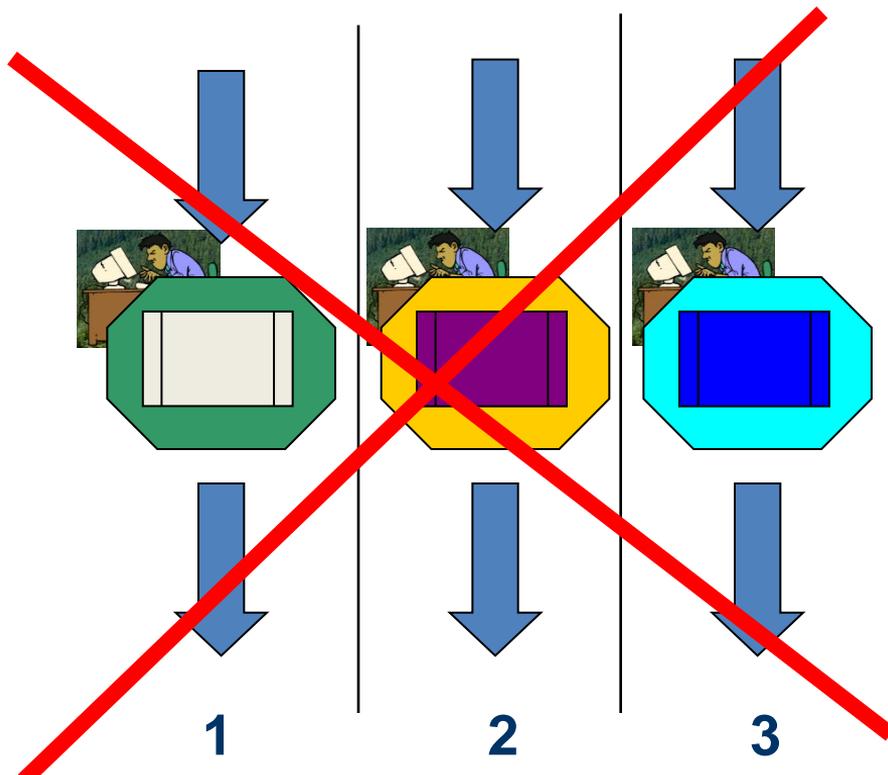
## La Historia – Pronósticos Hidrológicos (1990 – 2000)



El mejor modelo del mundo 😊😊

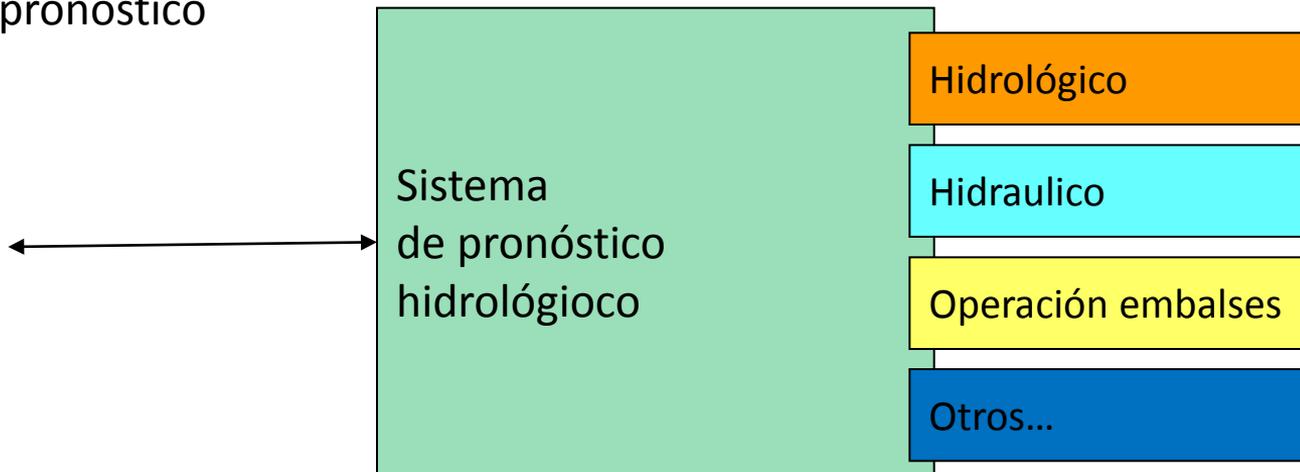


Sistema de Alertas Tempranas  
Ejemplo: FEWS Pakistan (1998)



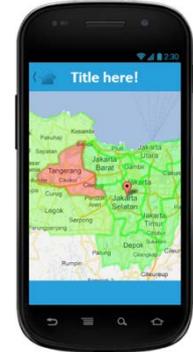
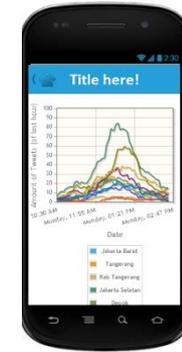
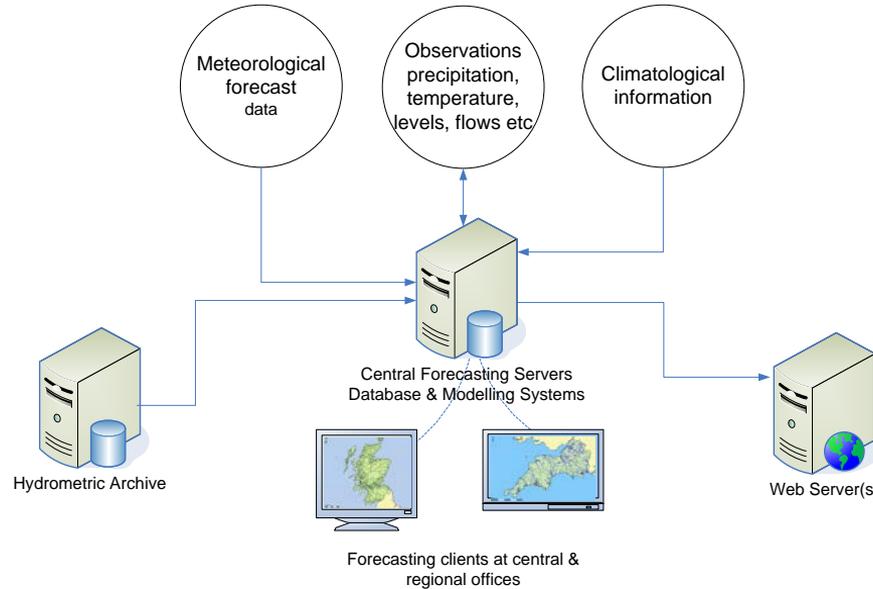
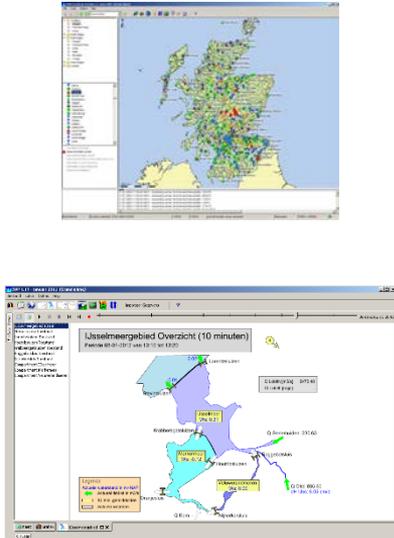
## La evolución de los sistemas de pronóstico (2000-2010)

- Cambio de paradigma – sistema para organizar el proceso
- Conectando a varias fuentes de datos
- Conectando a varios modelos
- Facilitar la introducción de avances en modelación, observaciones, servicios a clientes de pronóstico





# Evolución de los Sistemas de Pronóstico (2000-2010)



**Delft FEWS**

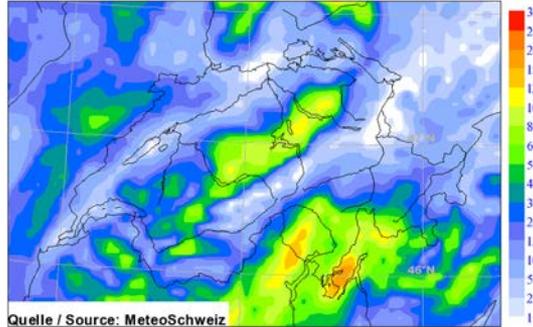
Werner, M., Schellekens J., Gijsbers P., van Dijk M., van den Akker O., Heynert K.. 2013. "The Delft-FEWS Flow Forecasting System." *Environmental Modelling & Software* 40 (February). Elsevier Ltd: 65–77.

## Evolución del pronóstico (2000-2010)

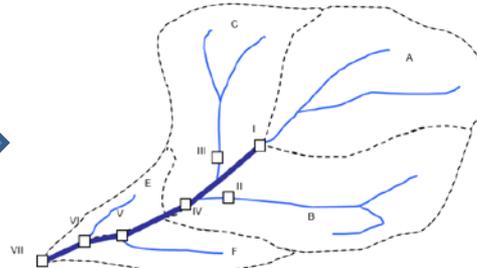
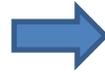


Datos Estaciones

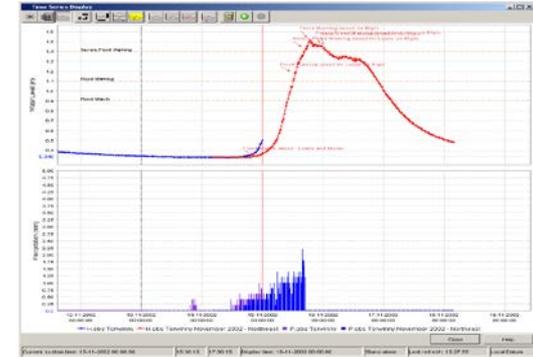
1Mo Forecast for: Fri 7 Jul 2006 00 UTC  
24h Sum of precipitation in mm Mean: 26.734 Run: 06.07.2006 00UTC+24h



Pronóstico Meteorológico



Modelos Hidrológicos & Hidráulicos



Pronóstico nivel y caudal

# Evolución del pronóstico - Río Uruguay / Salto Grande

- Pronósticos hidrológicos de los caudales afluentes al embalse Salto Grande
  - Datos (multi-nacional)
  - Modelos hidrológicos
- Modelo de optimización de la operación de embalse (generación hidroeléctrica, inundaciones aguas abajo)
- Integrado en el sistema Delft FEWS

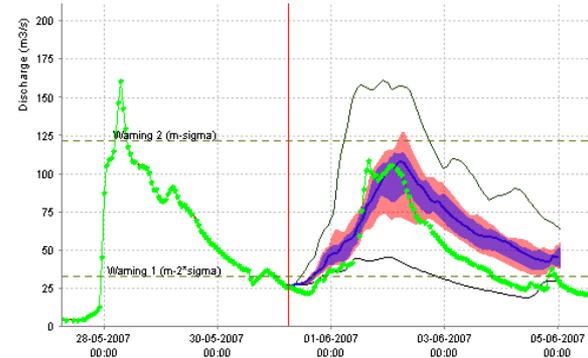
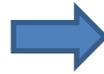
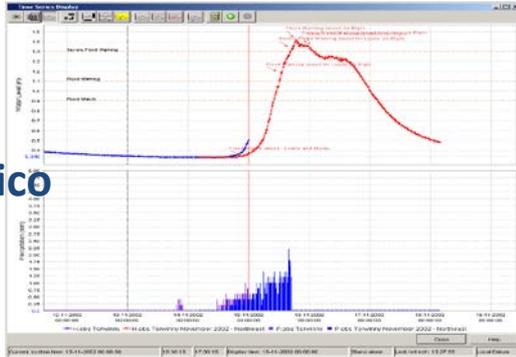


Julio 2014  
Enero 2016  
Junio 2017



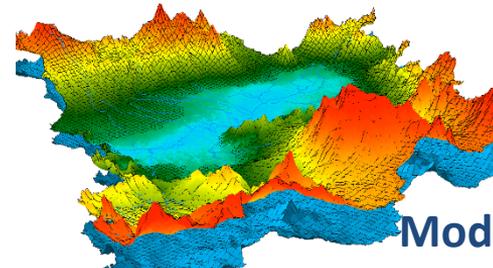
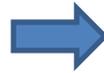
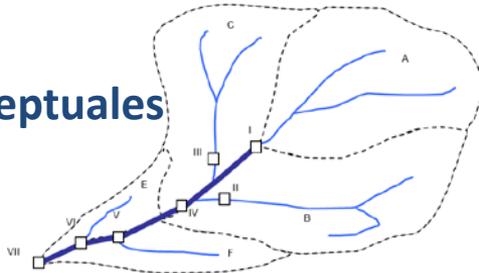
## Evolución del pronóstico (2000-2010)

Determinístico



Probabilístico

Modelos conceptuales



Modelos Distribuidos

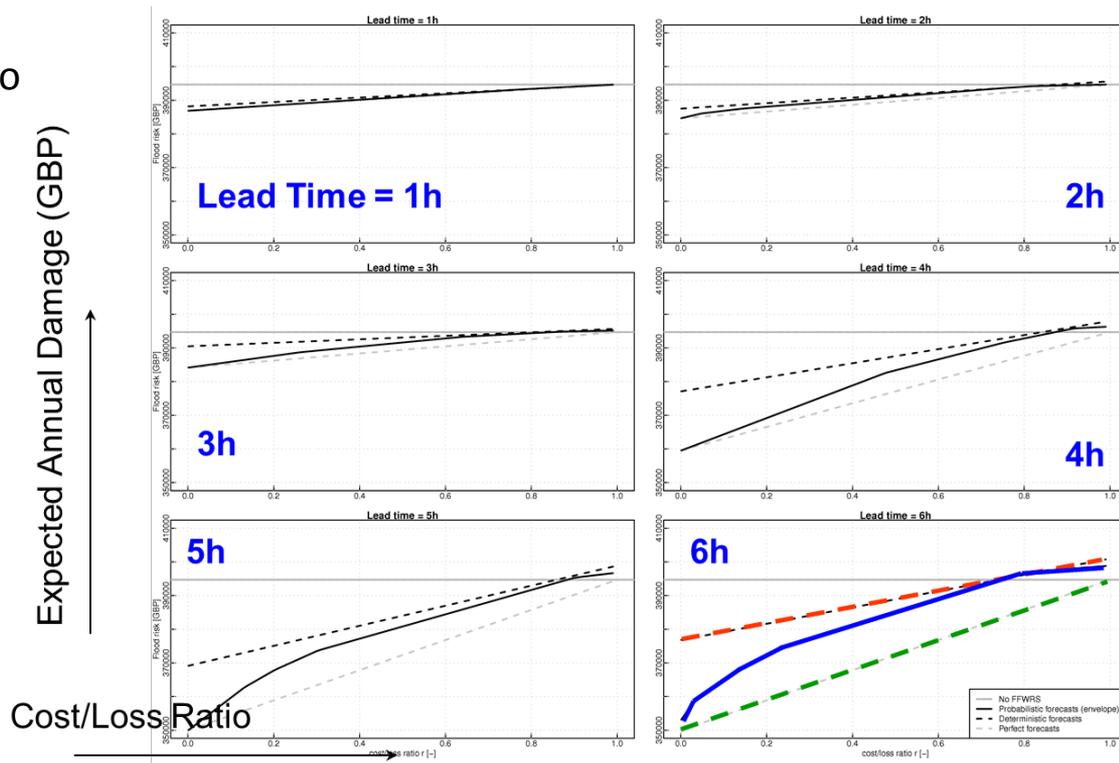
“Valor” de un pronóstico en la cuenca de White Cart, en Glasgow, Escocia – contando con incertidumbre hidrológico, impactos, costos de respuesta y grado de respuesta

		Evento Crítico	
		Si	No
Alerta generada a través de pronóstico	Si	Hit (a)	Falso + (b)
	No	Falso - (c)	Hit negativo (d)

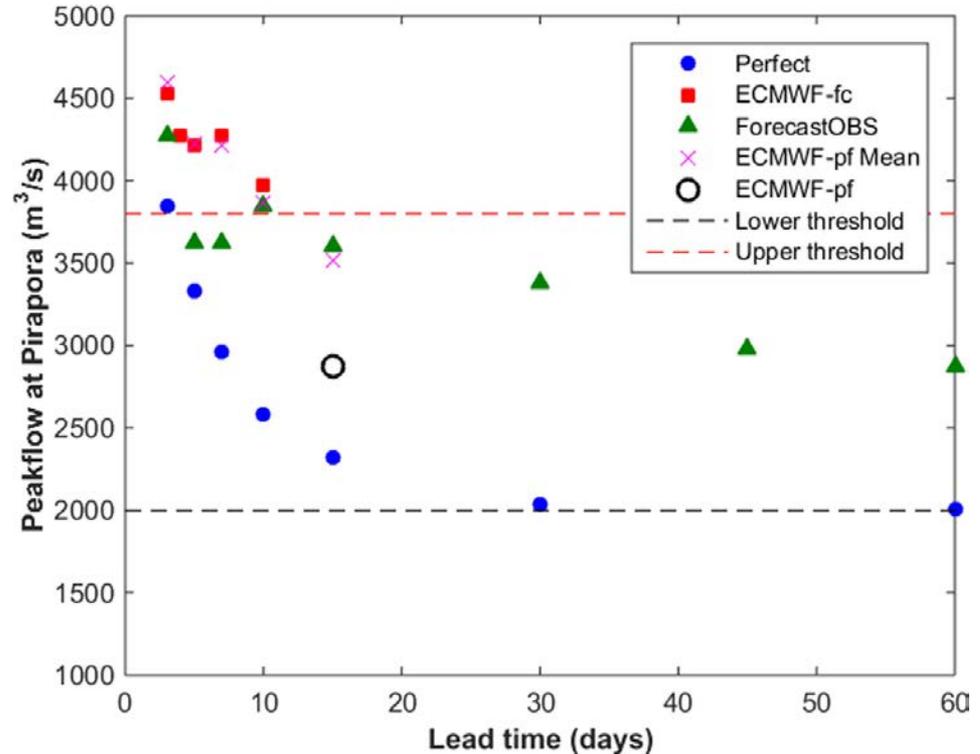
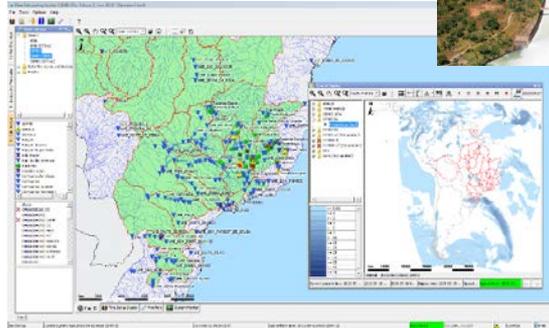
Pronóstico “perfecto”

Pronóstico determinístico

Pronóstico probabilístico

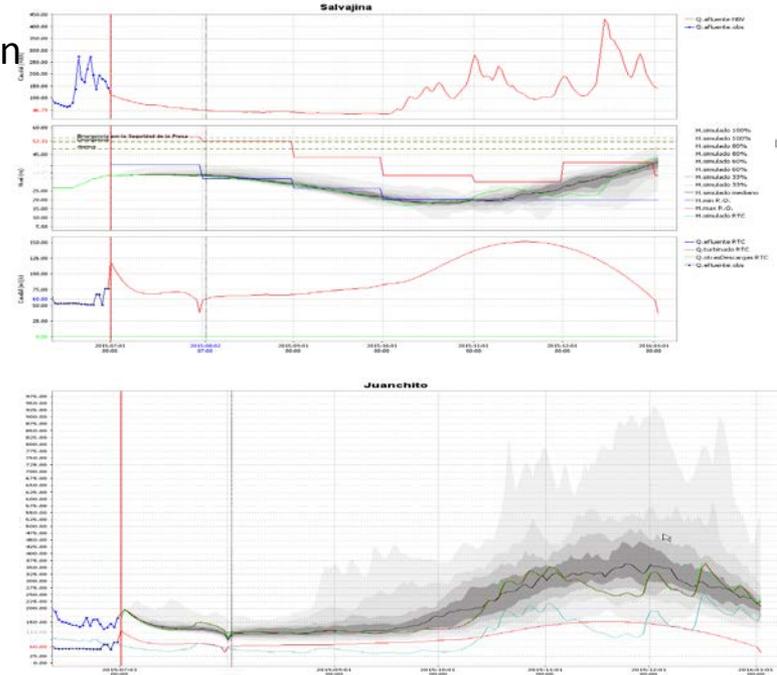


# Optimización de la operación de un embalse usando un pronóstico hidrológico para evitar inundaciones aguas abajo



## Evolución del pronóstico – Gestion de Embalse de Salvajina, Valle del Cauca, Colombia

- Un sistema de apoyo de decisiones para la operación de embalse de Salvajina
- Embalse aguas debajo de ciudad de Cali
  - Control de la calidad de agua ( $Q_{min}$ )
  - Control de inundaciones
  - Generación hidroeléctrica
- Modelos y pronósticos
  - Modelo hidrológico (HBV)
  - Pronóstico estacional (ESP)
  - Modelo de operación de embalse (RTC)
  - Integrado en Delft-FEWS
- Pronóstico diario, mensual (1m), Estacional (6m)
- Aviso para el comité de operación

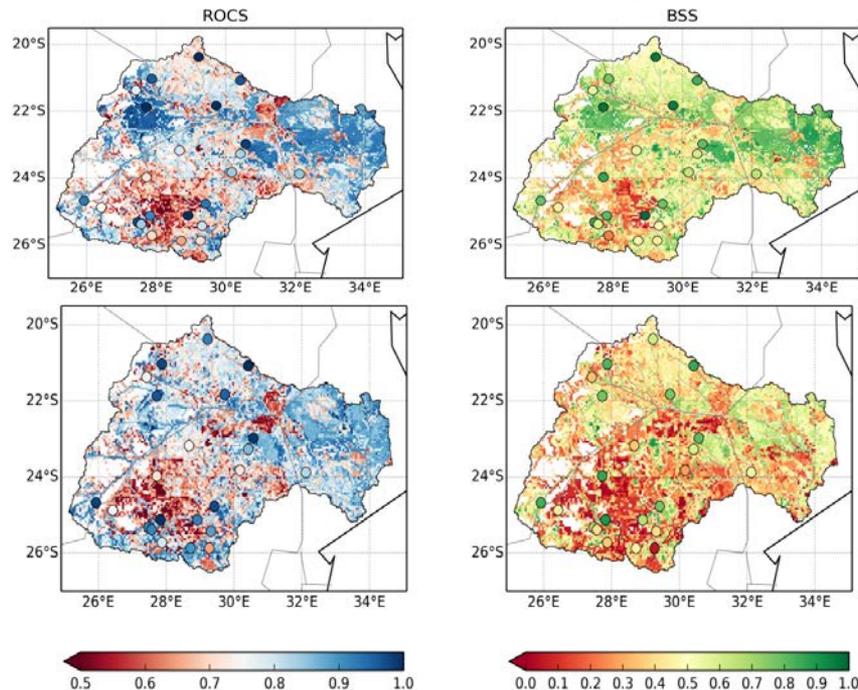


## Evolución del pronóstico – Pronóstico de Sequía (Cuenca de Río Limpopo, África)

- Sistema para pronistar sequia hidrológica en la cuenca de Río Limpopo
- Modelo hidrológico distribuido (PCRGLOBWB)
- Pronósticos estacionales
  - Modelo numérico (S4 – ECMWF)
  - Re-muestreo de P,T histórica (ESP)
  - Re-muestreo P,T pesado con en el índices ENSO (ESP-ENSO)
- Buen desempeño hasta 4-5 meses



Embalse de Tzaneen  
 Restricciones para el riego y uso domestic si los niveles bajo cierto porcentaje



ROCS and BSS for: Water Level (WL) < 50th percentile (upper plots), and WL < 37.5th percentile (lower plots) for the FS\_S4 forecasts

## Evolución del pronóstico – Asimilación de datos

- Asimilación de datos para mejorar el desempeño del pronóstico
- En este ejemplo asimilación de humedad del suelo satelital

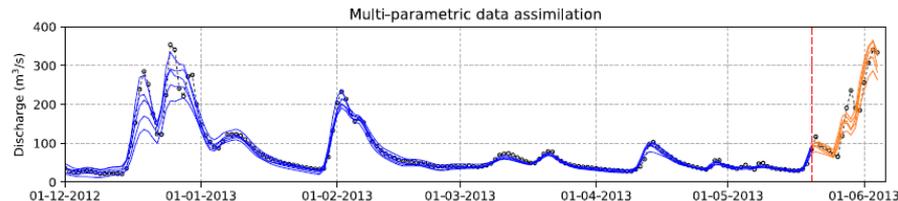


Fig. 7. Single and multi-parametric variational data assimilation and corresponding perfect forecasts at Kemern gauging station for event on 20 May 2013.

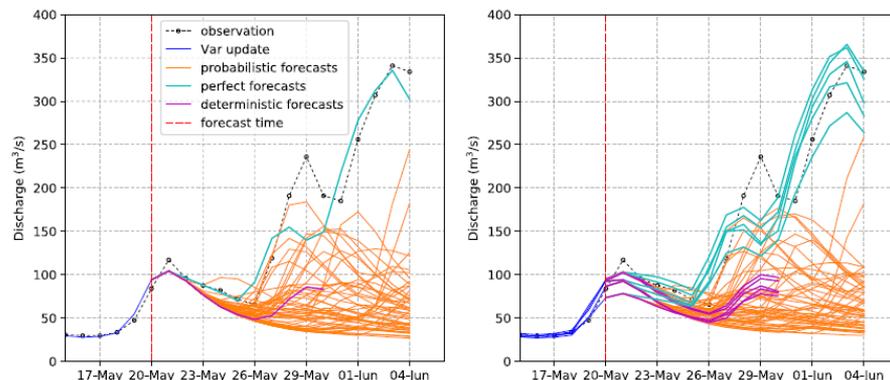
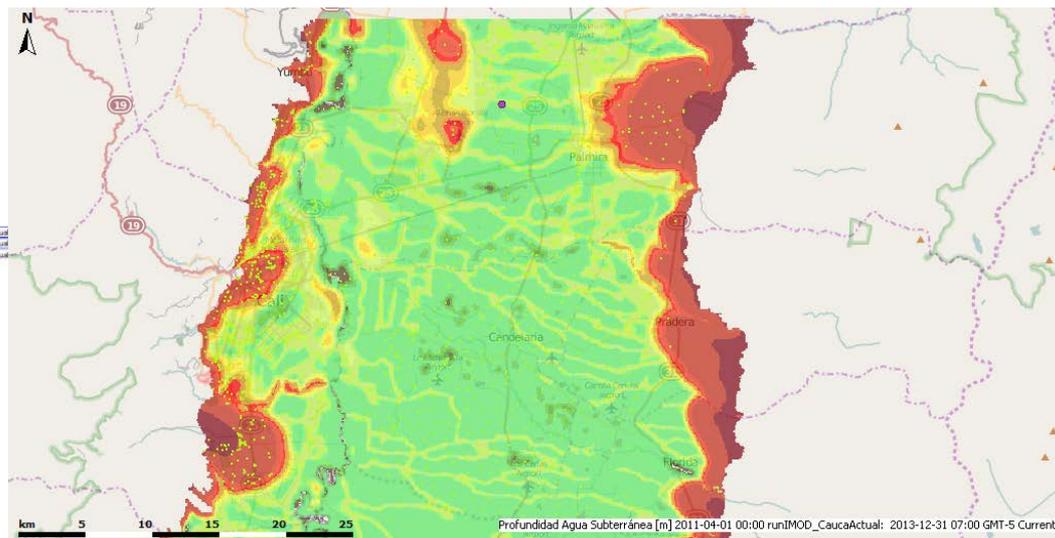


Fig. 8. Forecast at Kemern gauging station on 20 May 2013 using perfect, deterministic and probabilistic forecasts based on single data assimilation (left) and multi-parametric data assimilation with 5 parameter sets (right).

## Evolución del pronóstico – Integración de todo el sistema hidrológico

- Integración de modelos subterráneas en el pronóstico
  - De Meteorología a aguas subterráneas

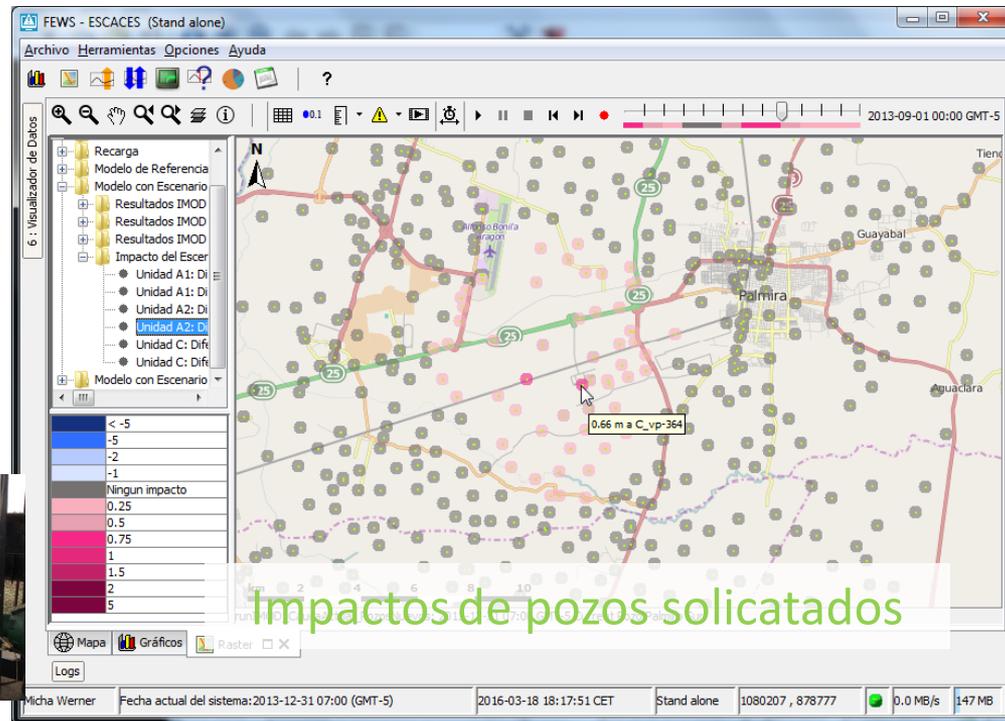
Marzo 2010



Modelo de Agua Subterránea en el Valle de Cauca,  
Cali, Colombia

## Evolución del pronóstico – Integración y gestión de todo el sistema hidrológico

- Integración de modelos subterráneas en el pronóstico
  - Impactos en el sistema hídrico en consecuencia de decisiones de gestión y del aprovechamiento del recurso

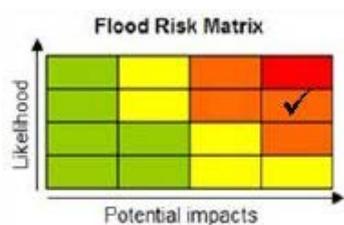
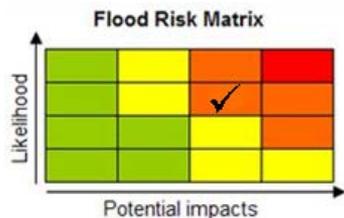
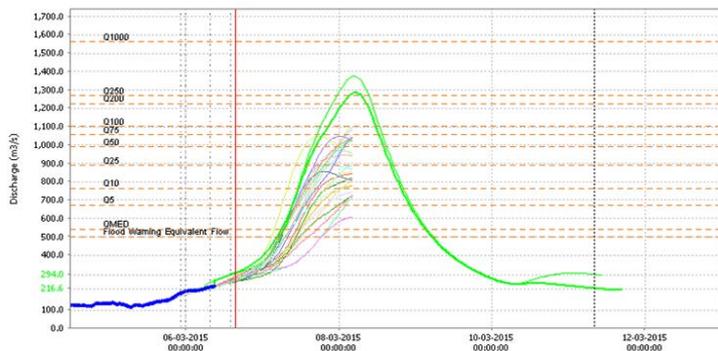


Impactos de pozos solicitados

Modelo de Agua Subterránea en el Valle de Cauca, Cali, Colombia



## Del pronóstico hidrológico al impacto social (2010-2020)



Para que hacemos pronósticos?  
 ¿Para pronosticar niveles y caudales  
**¿Para pronosticar impactos**



[https://library.wmo.int/pmb\\_ged/wmo\\_1150\\_es.pdf](https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1150_es.pdf)

Riesgo alto si impactos son probables

## Ejemplo de un alerta con información específico

FLOOD WARNING  
NATIONAL WEATHER SERVICE  
Issued at 10:40 AM on Tuesday the 28th of June 2016

The National Weather Service has issued a FLOOD WARNING for urban areas and streams in MODESTO DISTRICT.

Specific locations in the FLOOD WARNING include:  
East Modesto  
South Modesto

Weather service doppler radar indicated that over 40 mm of rain has fallen over parts of the Modesto district in the past hours. There is a 45% chance that 50 mm of rain will fall over the next few hours.

Impacts...Facilities alongside streams may be flooded, which may cause damage to properties. Communities in South Modesto may be temporarily inaccessible due to flooded access routes. Disruption to travel is expected.

If flooding is observed...Act quickly! Secure property and livelihood assets and be prepared to evacuate at notice! Do not drive cars through flooded areas! Maintain radio/media watch for latest updates.

The next warning will be issued at about 11:00 PM Tuesday



Información general



Información sobre la amenaza



Información sobre los impactos



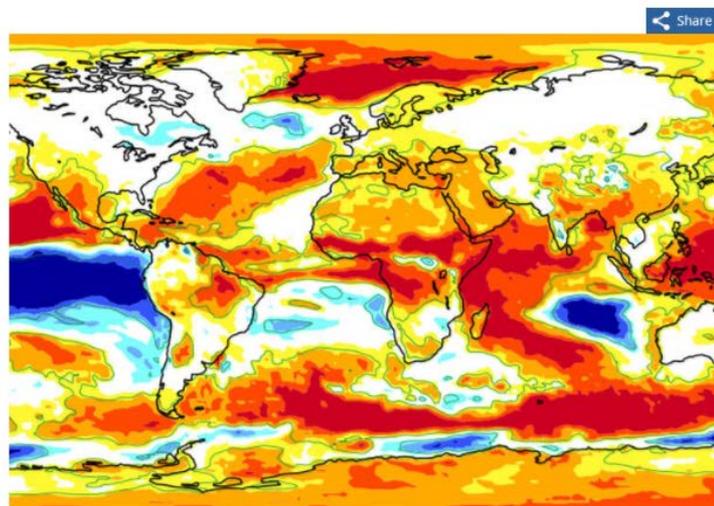
Recomendaciones

## El futuro de pronóstico hidrológico (2020 - ...)

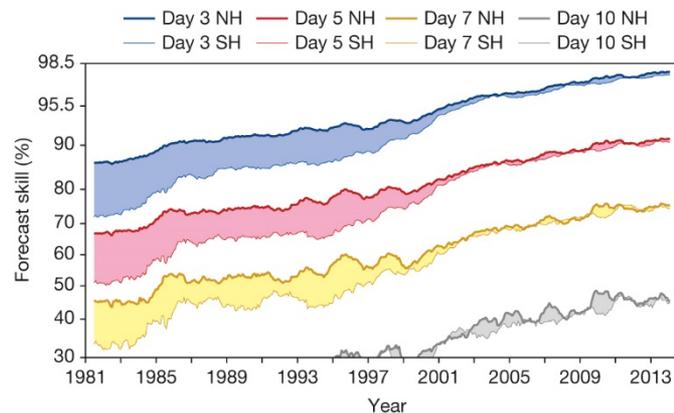
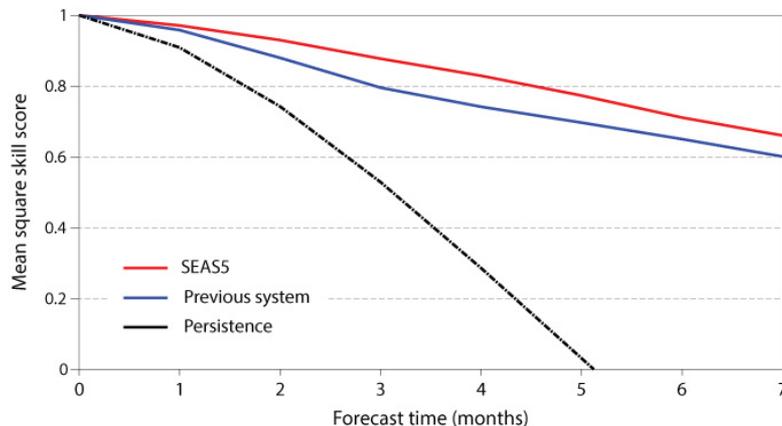


## New seasonal prediction system SEAS5 brings better El Niño forecasts

10 November 2017



ECMWF has launched a new seasonal prediction system (SEAS5) which brings better forecasts, especially for El Niño/La Niña events. Forecasts are also more detailed thanks to much greater horizontal resolution. An immediate application is the production of new [GloFAS](#) long-range river-flow forecasts.





COPERNICUS

Emergency Management Service



European Commission > JRC Science Hub > IES > GloFAS-IS

GLOFAS

Forecast Viewer

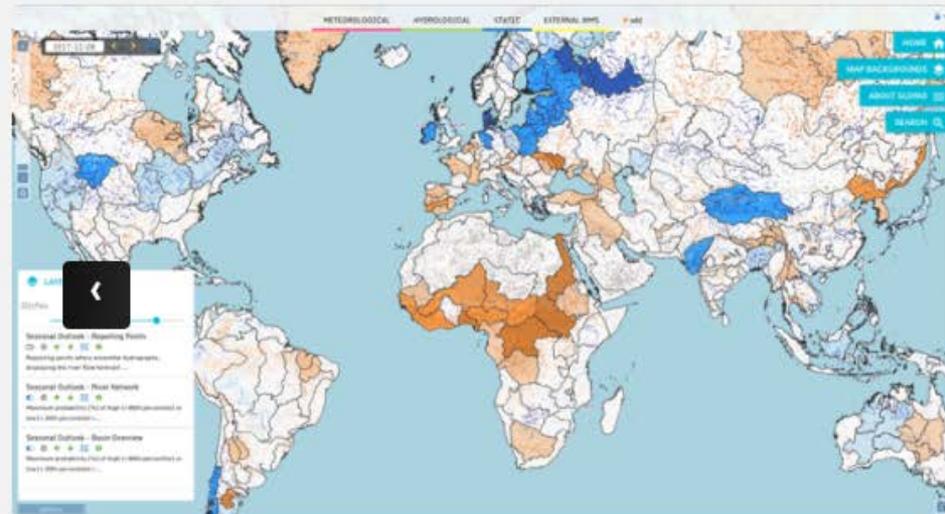
User Information

Case studies

Links

Contact Us

Sign in



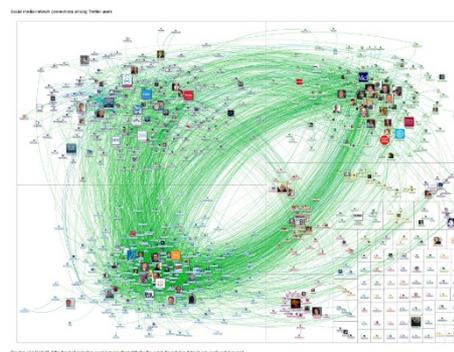
## Seasonal Outlooks

- ✓ Early indication of unusually high or low river flow up to 4 months in advance
- ✓ Comparison with typical and extreme conditions from climatology
- ✓ Visualisation of ensemble hydrographs at specific locations

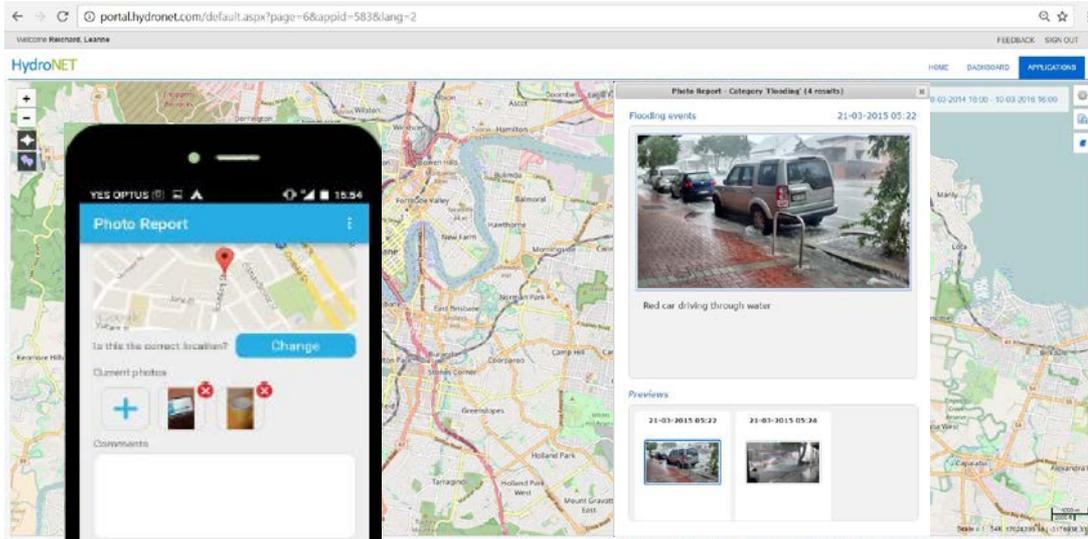
Read more

It couples state-of-the art weather forecasts with an hydrological model. Find out more!

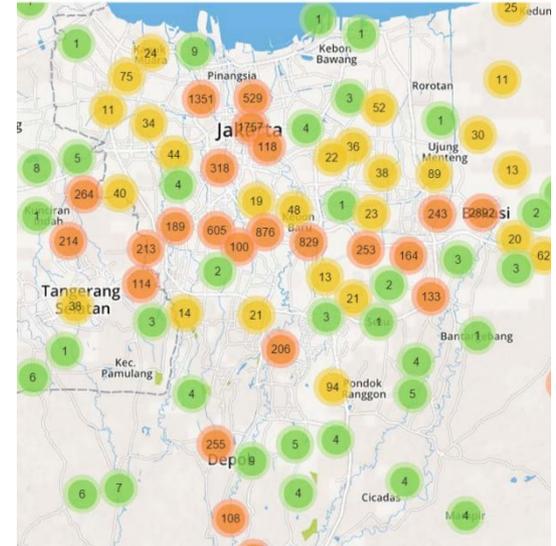
## Servicios y datos a nivel global



## Interacción a nivel local y servicios dirigido al usuario



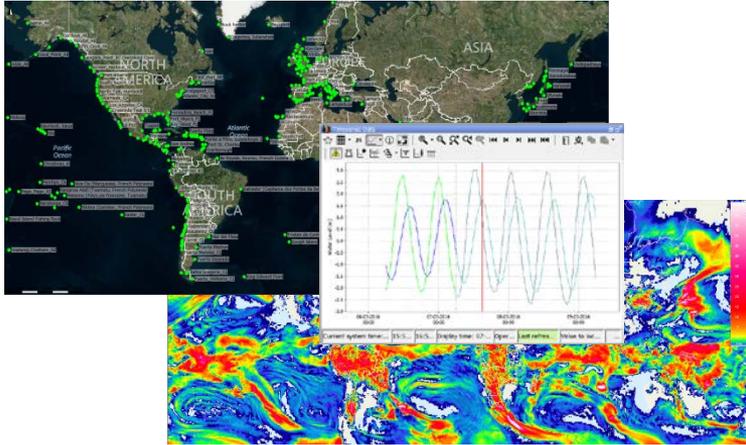
Water Watchers



Flood-Tags (Twitter)

- Frecuencia de mensajes en
- twitter

## Monitoreo y Pronósticos a nivel global y "Big Data"



Herramientas en línea



## Modelos regionales y locales

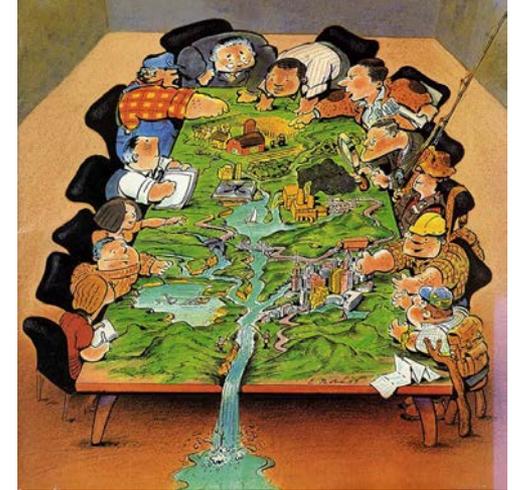


Servicios dirigido al usuario

## Conclusiones

La ciencia del pronóstico hidrológico se ha evolucionado fuertemente en los últimos 20-30 años

- La tecnología de los sistemas de alerta temprana se ha madurado significativamente
- Cambio del enfoque: Participación e impacto social
- Cambio del enfoque: Valor agregado en la toma de decisiones
- Integración y interoperabilidad ya son palabras claves
- Todavía hay desafíos:
  - Comunicación (usuarios, tomadores de decisiones, incertidumbre, ...)
  - Técnico – integración de información para sea útil (Big Data etc)





# ¡Muchas gracias!

Micha Werner

[Micha.Werner@deltares.nl](mailto:Micha.Werner@deltares.nl)

[m.werner@un-ihe.org](mailto:m.werner@un-ihe.org)