

Sistema de Alerta Temprana ante Inundaciones en la cuenca del Miño-Sil (MIDAS)

Diego Fernández Nóvoa
(diefernandez@uvigo.es)

Necesidad ?

- Las **inundaciones** son consideradas como uno de los **eventos naturales** con **mayor riesgo asociado**.

Necesidad ?

- Las inundaciones son consideradas como uno de los eventos naturales con mayor riesgo asociado.
- El **cambio climático** está afectando el **ciclo hidrológico**, intensificándose los eventos extremos asociados en muchas regiones del planeta.



Necesidad ?

- Las inundaciones son consideradas como uno de los eventos naturales con mayor riesgo asociado.
- El cambio climático está afectando el ciclo hidrológico, intensificándose los eventos extremos asociados en muchas regiones del planeta.
- Los **eventos de inundación han aumentado su frecuencia e intensidad** en las últimas décadas en muchas regiones.
- Las proyecciones futuras indican que esta **intensificación será aún mayor en las próximas décadas**.
- **Incremento** de proyectos enfocados al desarrollo de **Sistemas de Alerta Temprana: mecanismo efectivo para mitigar el impacto de las inundaciones**.

Necesidad ?

La Cuenca del Miño-Sil es una demarcación con zonas y localidades que históricamente se vieron afectadas por importantes inundaciones.

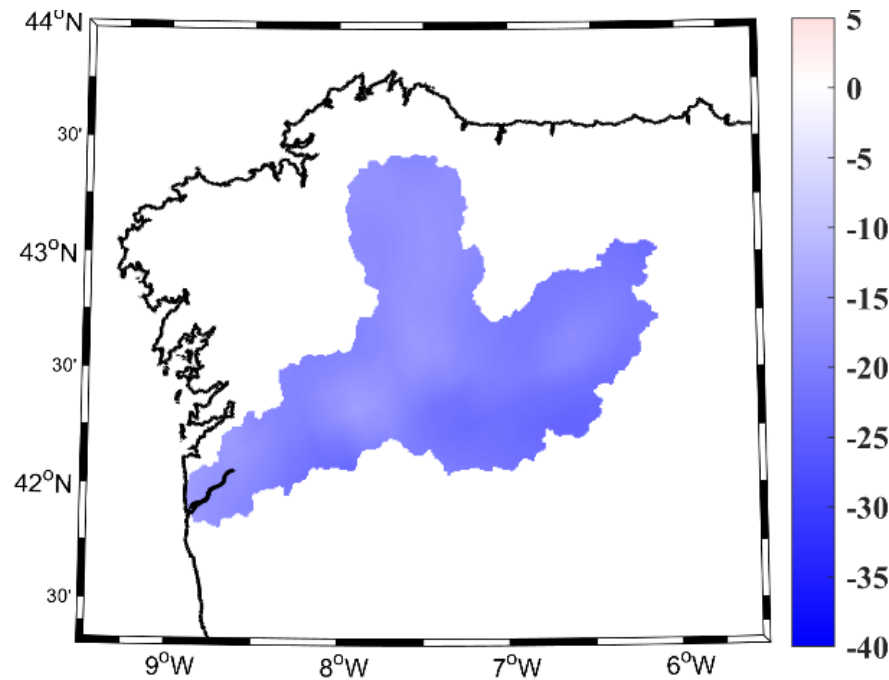
Necesidad ?

La Cuenca del Miño-Sil es una demarcación con zonas y localidades que históricamente se vieron afectadas por importantes inundaciones.

La Cuenca del Miño-Sil es una demarcación en donde las proyecciones futuras prevén una intensificación de los eventos extremos.

Necesidad ?

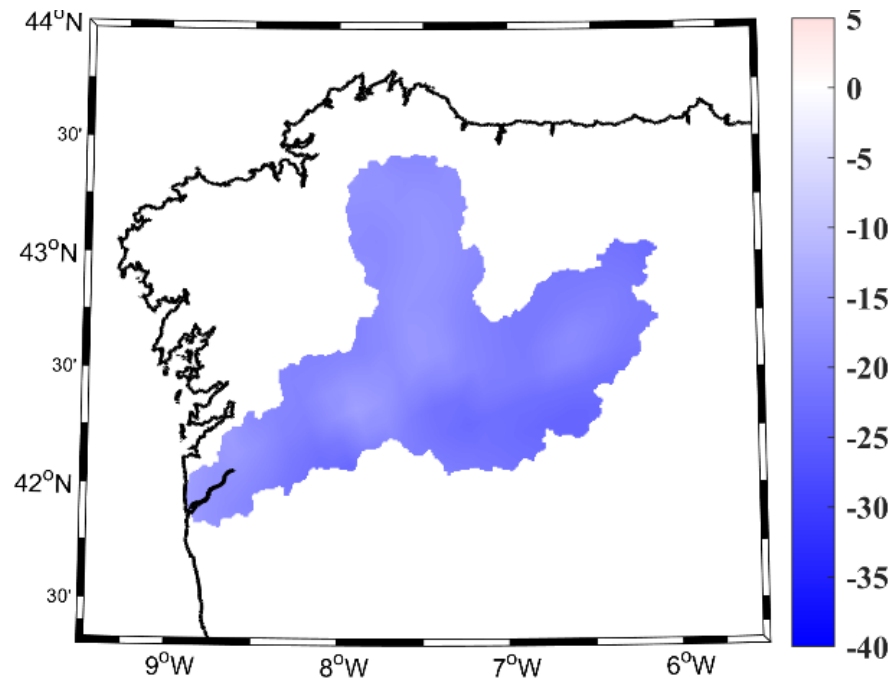
La Cuenca del Miño-Sil es una demarcación que se verá afectada de forma importante por la intensificación de los eventos extremos.



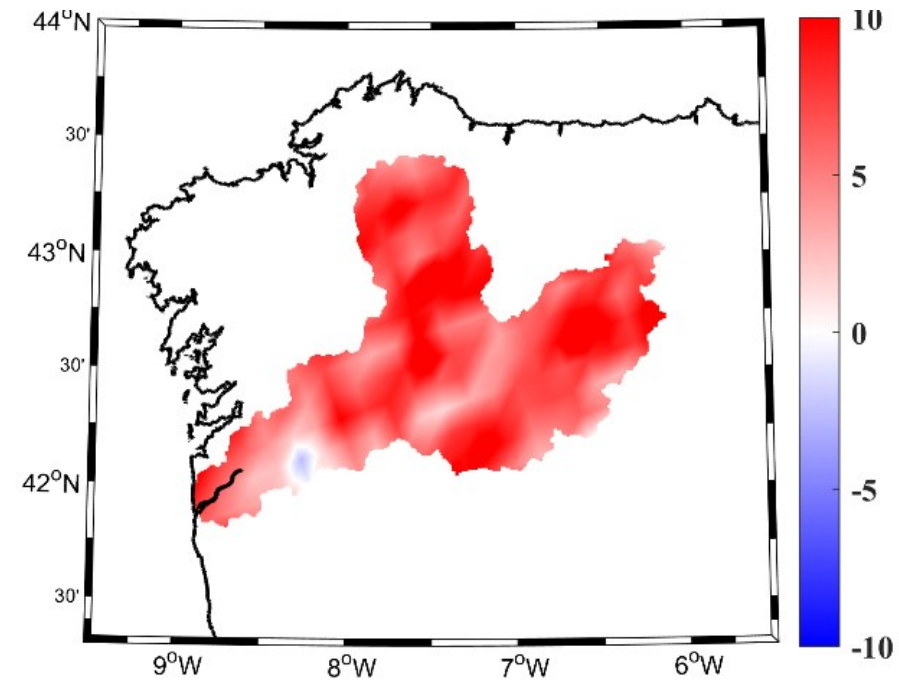
Cambios esperados en las precipitaciones medias anuales a finales de siglo (2070-2099) respecto a los valores históricos (1990-2019).

Necesidad ?

La Cuenca del Miño-Sil es una demarcación que se verá afectada de forma importante por la intensificación de los eventos extremos.



Cambios esperados en las precipitaciones medias anuales a finales de siglo (2070-2099) respecto a los valores históricos (1990-2019).



Cambios esperados en las precipitaciones extremas a finales de siglo (2070-2099) respecto a los valores históricos (1990-2019).

Reto

Desarrollar un sistema de alerta temprana ante inundaciones en la cuenca del Miño-Sil

- Predicción del estado hidrológico a lo largo de toda la cuenca.
- Modelización hidráulica en aquellas zonas que presenten riesgo de inundación.
 - Sistema suficientemente rápido para emitir una alerta con antelación suficiente para que se puedan tomar medidas efectivas de mitigación.
- Disponibilidad de datos, de forma pública, en un entorno web.
- Mejoras sistemáticas.

Reto

MIDAS

Miño rIver flood Alert System



Article

MIDAS: A New Integrated Flood Early Warning System for the Miño River

Diego Fernández-Nóvoa ^{1,*}, Orlando García-Feal ^{1,*}, José González-Cao ¹, Carlos de Gonzalo ², José Antonio Rodríguez-Suárez ², Carlos Ruiz del Portal ³ and Moncho Gómez-Gesteira ¹

¹ Environmental Physics Laboratory (EPHysLab), CIM-UVIGO, Universidade de Vigo, Campus As Lagoas s/n, 32004 Ourense, Spain; diefernandez@uvigo.es (D.F.-N.); jgc@uvigo.es (J.G.-C.); mggesteira@uvigo.es (M.G.-G.)

² Tragsatec, SAIH Miño-Sil, 32003 Ourense, Spain; c.gonzaloaranoa@gmail.com (C.d.G.); josearsuarez@hotmail.com (J.A.R.-S.)

³ Confederación Hidrográfica Miño-Sil, 32003 Ourense, Spain; cgruiz@chminosil.es

* Correspondence: orlando@uvigo.es; Tel.: +34-988-368-791

Received: 30 June 2020; Accepted: 15 August 2020; Published: 19 August 2020



Abstract: Early warning systems have become an essential tool to mitigate the impact of river floods, whose frequency and magnitude have increased during the last few decades as a consequence of climate change. In this context, the Miño River Flood Alert System (MIDAS) early warning system has been developed for the Miño River (Galicia, NW Spain), whose flood events have historically caused severe damage in urban areas and are expected to increase in intensity in the next decades. MIDAS is integrated by a hydrologic (HEC-HMS) and a hydraulic (Iber+) model using precipitation forecast as input data. The system runs automatically and is governed by a set of Python scripts. When any hazard is detected, an alert is issued by the system, including detailed hazards maps, to help decision makers to take precise and effective mitigation measures. Statistical analysis supports the accuracy of hydrologic and hydraulic modules implemented to forecast river flow and flooded critical areas during the analyzed period of time, including some of the most extreme events registered in the Miño River. In fact, MIDAS has proven to be capable of predicting most of the alert situations occurred during the study period, showing its capability to anticipate risk situations.

Keywords: early warning system; flood; hydrology; HEC-HMS; hydrodynamics; Iber+

Reto



Article

MIDAS: A New Integrated Flood Early Warning System for the Miño River

Diego Fernández-Nóvoa ^{1,*}, Orlando García-Feal ^{1,*}, José González-Cao ¹, Carlos de Gonzalo ², José Antonio Rodríguez-Suárez ², Carlos Ruiz del Portal ³ and Moncho Gómez-Gesteira ¹

¹ Environmental Physics Laboratory (EPHysLab), CIM-UVIGO, Universidade de Vigo, Campus As Lagoas s/n, 32004 Ourense, Spain; diefernandez@uvigo.es (D.F.-N.); jgcao@uvigo.es (J.G.-C.); mggesteira@uvigo.es (M.G.-G.)

² Tragsatec, SAIH Miño-Sil, 32003 Ourense, Spain; c.gonzaloaranoa@gmail.com (C.d.G.); josearsuarez@hotmail.com (J.A.R.-S.)

³ Confederación Hidrográfica Miño-Sil, 32003 Ourense, Spain; cgruiz@chminosil.es

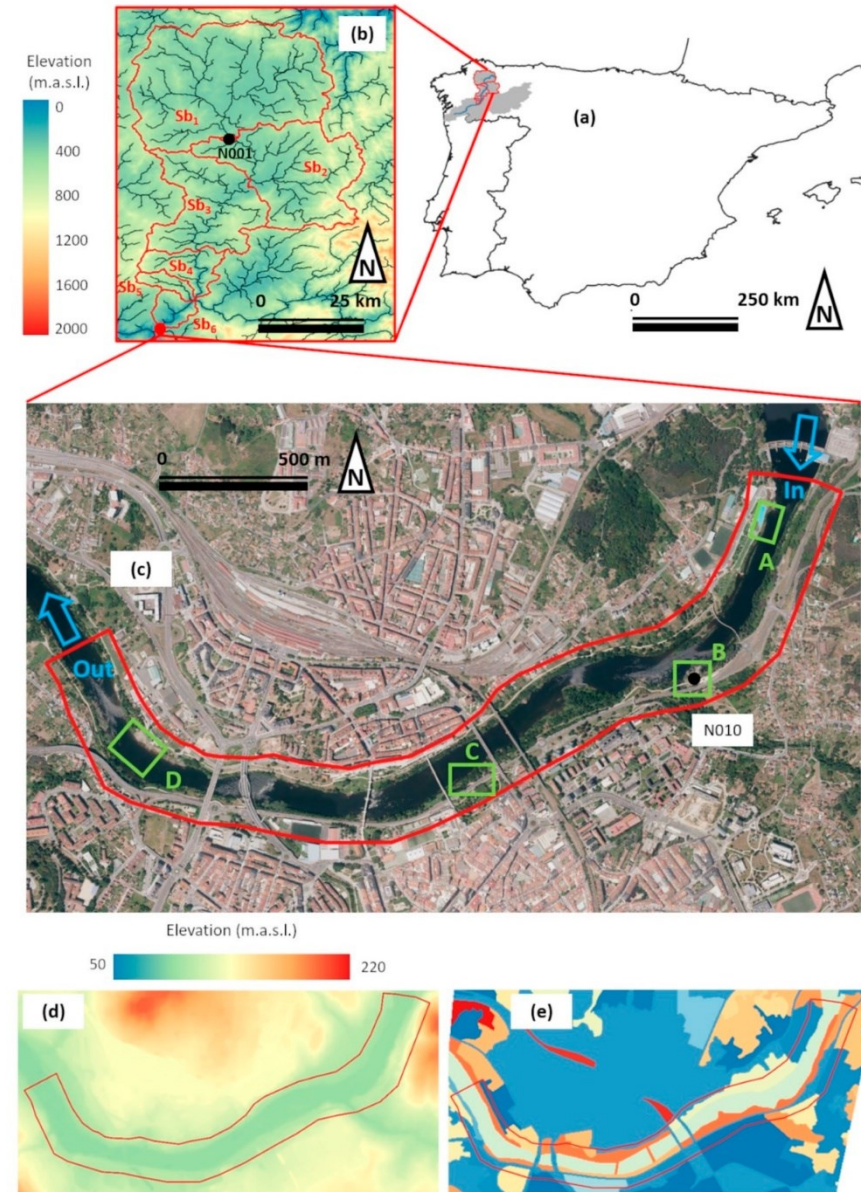
* Correspondence: orlando@uvigo.es; Tel.: +34-988-368-791

Received: 30 June 2020; Accepted: 15 August 2020; Published: 19 August 2020



Abstract: Early warning systems have become an essential tool to mitigate the impact of river floods, whose frequency and magnitude have increased during the last few decades as a consequence of climate change. In this context, the Miño River Flood Alert System (MIDAS) early warning system has been developed for the Miño River (Galicia, NW Spain), whose flood events have historically caused severe damage in urban areas and are expected to increase in intensity in the next decades. MIDAS is integrated by a hydrologic (HEC-HMS) and a hydraulic (Iber+) model using precipitation forecast as input data. The system runs automatically and is governed by a set of Python scripts. When any hazard is detected, an alert is issued by the system, including detailed hazards maps, to help decision makers to take precise and effective mitigation measures. Statistical analysis supports the accuracy of hydrologic and hydraulic modules implemented to forecast river flow and flooded critical areas during the analyzed period of time, including some of the most extreme events registered in the Miño River. In fact, MIDAS has proven to be capable of predicting most of the alert situations occurred during the study period, showing its capability to anticipate risk situations.

Keywords: early warning system; flood; hydrology; HEC-HMS; hydrodynamics; Iber+



Reto

MIDAS

Miño rIver flooD Alert System

START

Módulo Hidrológico

Asimilación datos
Sub-cuencas

Predicción caudales
circundantes

Caudal estimado
zonas de riesgo

Modelado
hidráulico

Mapas de
Inundación

Evaluación Riesgos

Aviso Autoridades

Supera
Límite
Riesgo

NO

STOP

SI

Módulo Hidráulico

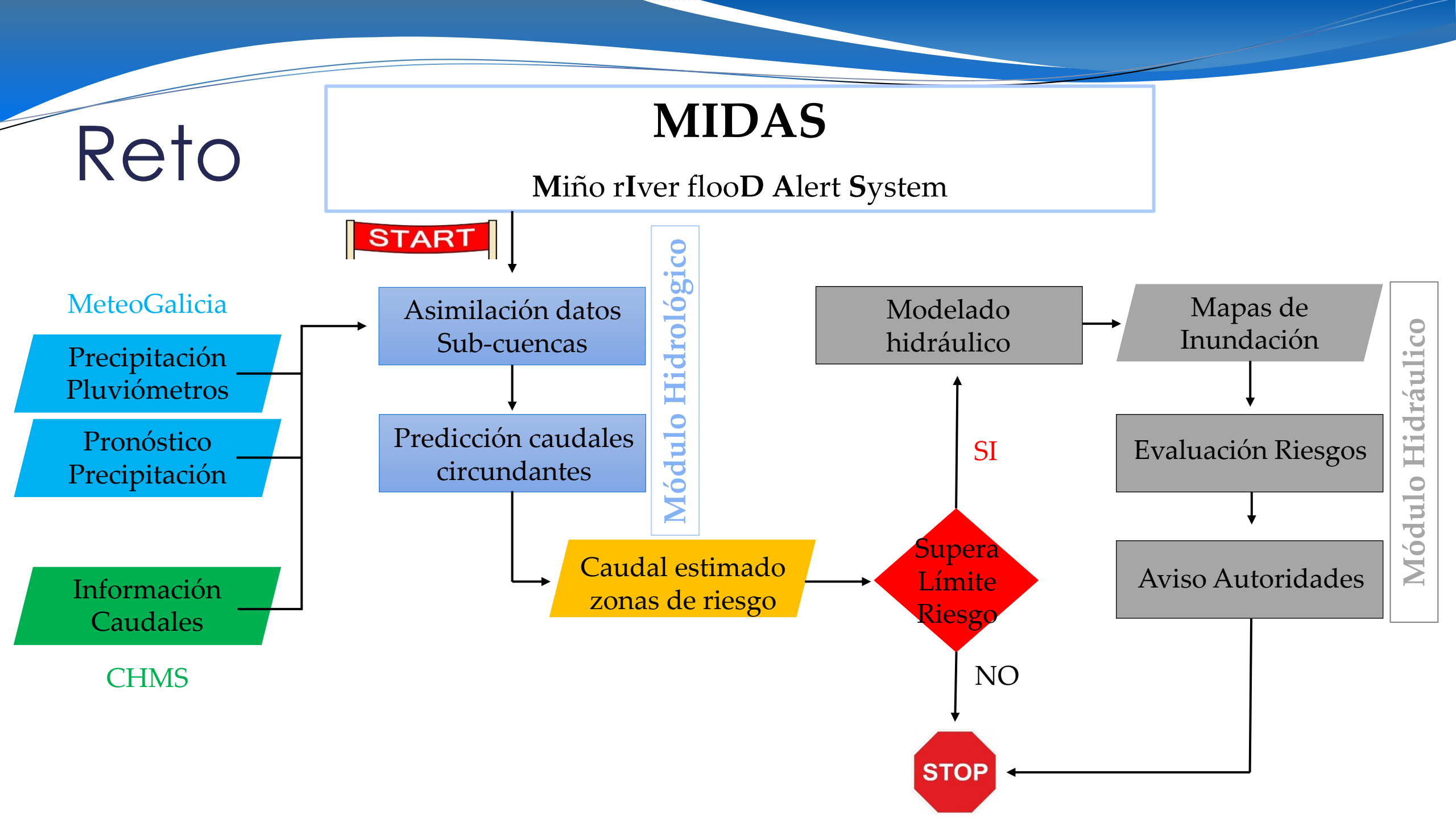
MeteoGalicia

Precipitación
Pluviómetros

Pronóstico
Precipitación

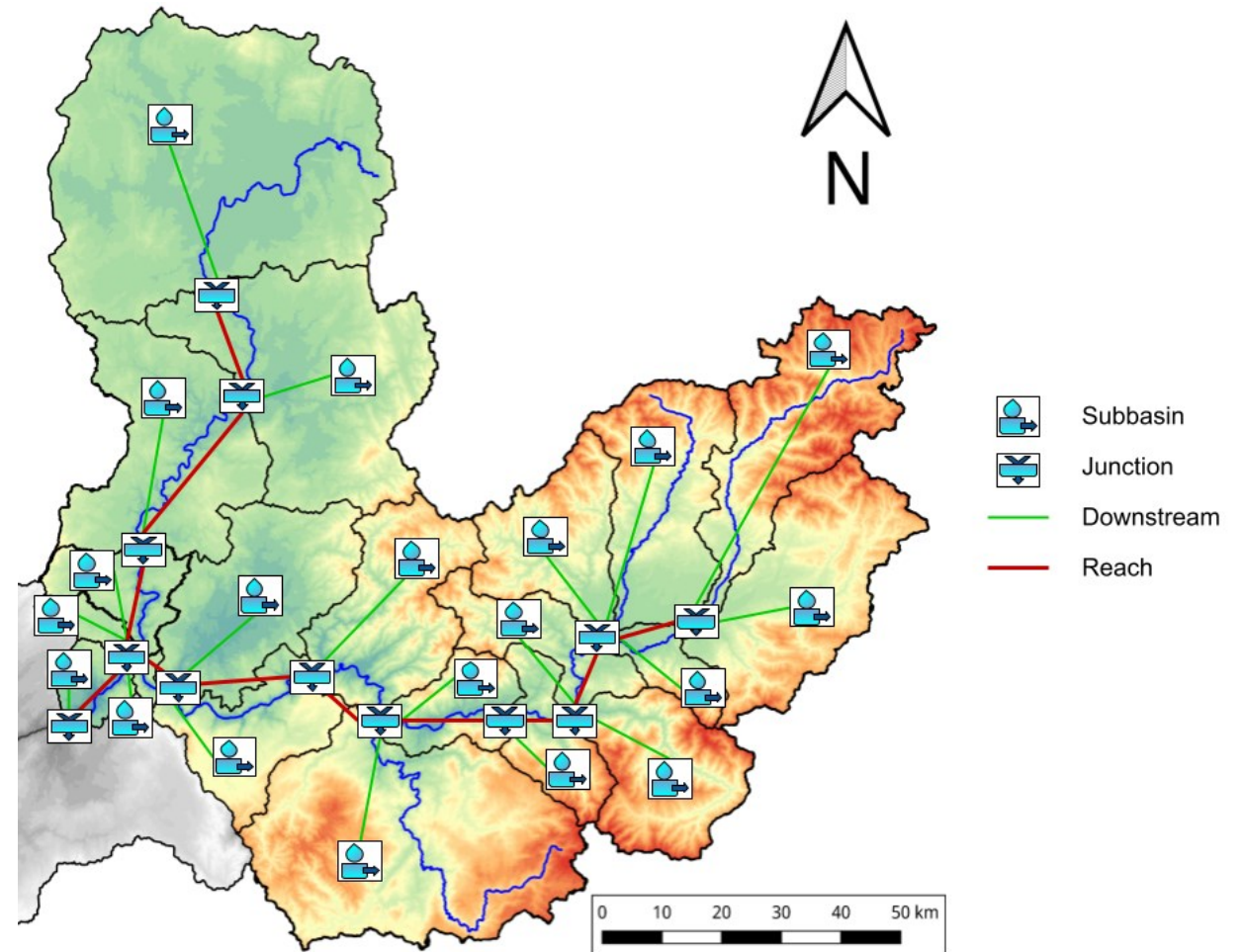
Información
Caudales

CHMS



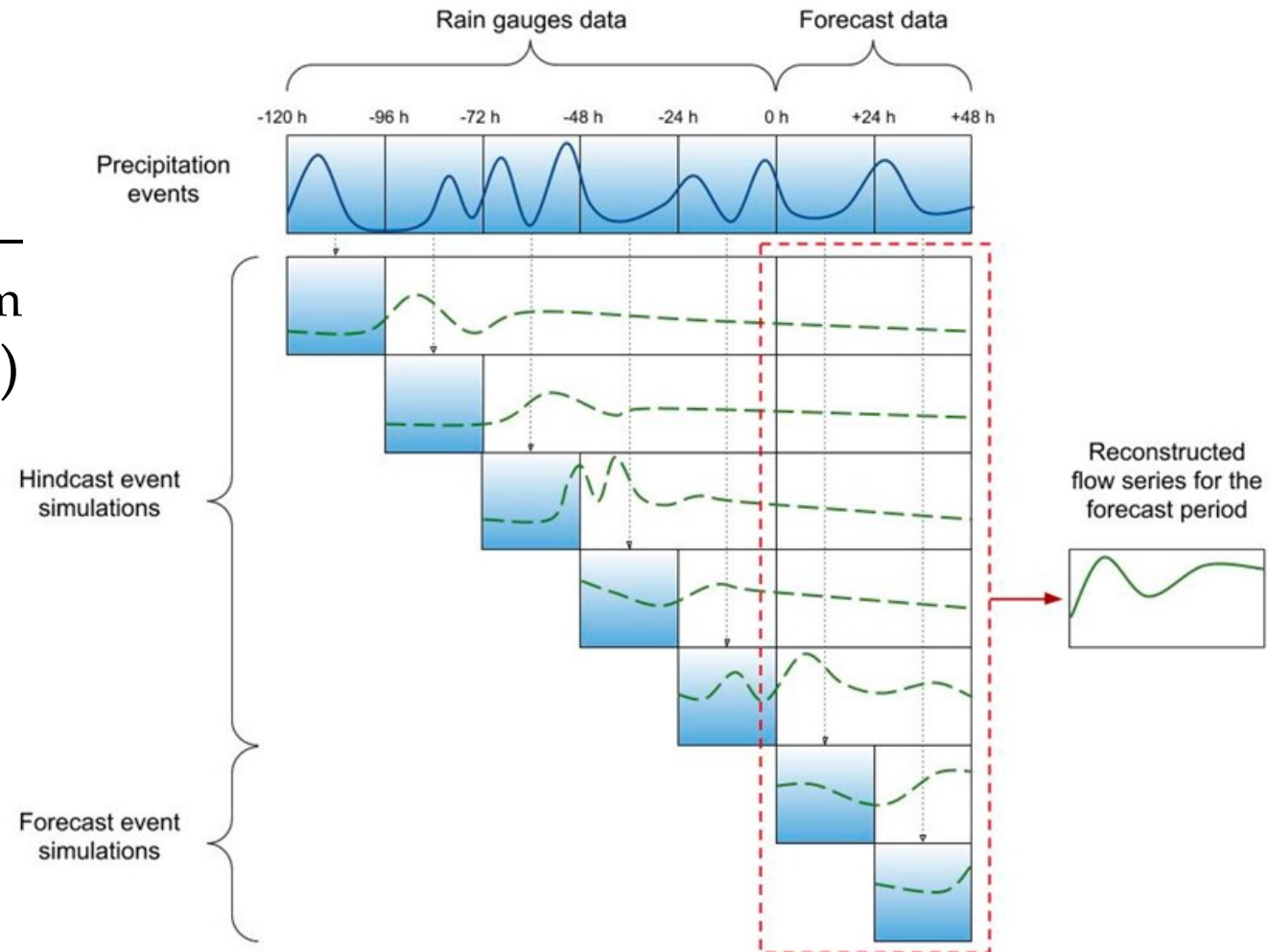
Módulo Hidrológico

- HEC-HMS:
 - Hydrologic Engineering Center – Hydrological Modeling System
(<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>)



Módulo Hidrológico

- HEC-HMS:
 - Hydrologic Engineering Center – Hydrological Modeling System (<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>)
- *Infiltración*: Número de Curva
- *Tránsito*: Hidrograma Unitario
- *Flujo base*: Reservorio Lineal



Módulo Hidrológico

- HEC-HMS:

- Hydrologic Engineering Center –
Hydrological Modeling System
(<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>)

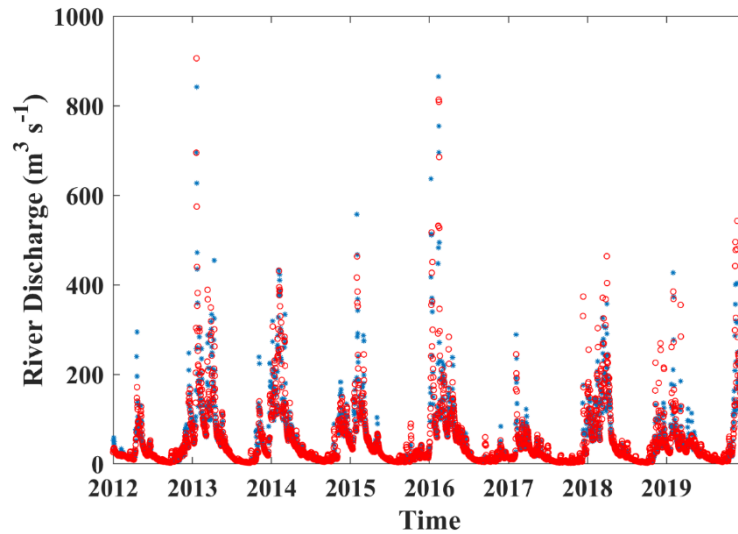
- *Infiltración:* Número de Curva
- *Tránsito:* Hidrograma Unitario
- *Flujo base:* Reservorio Lineal

- Predicción de los caudales circundantes en toda la cuenca:
 - Paso horario.
 - Horizonte temporal de 72 horas.
 - Inputs modelo hidráulico.

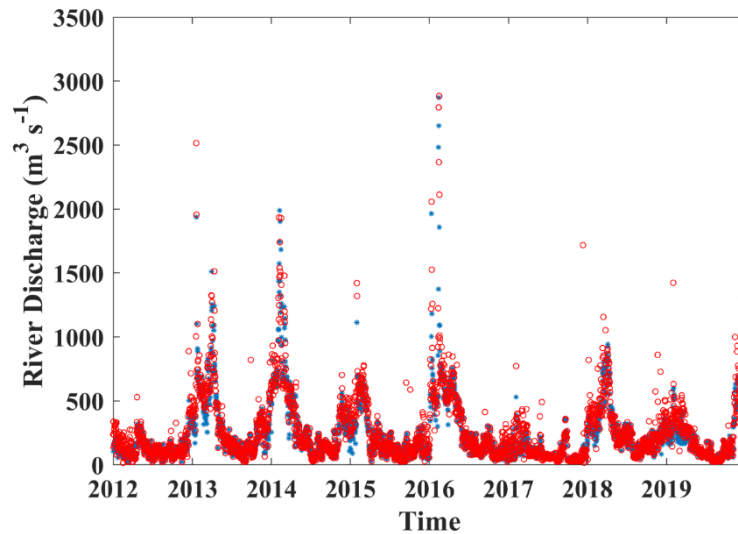
Módulo Hidrológico

Medición
Predicción
(24 horas)

LUGO



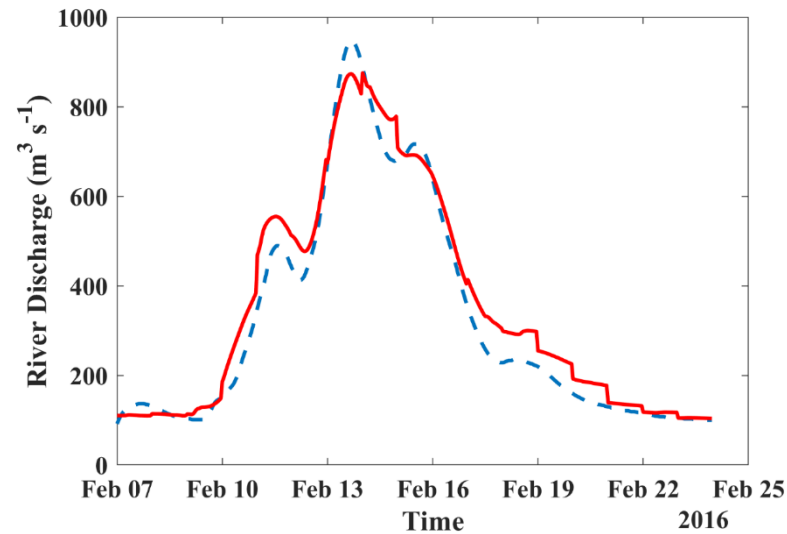
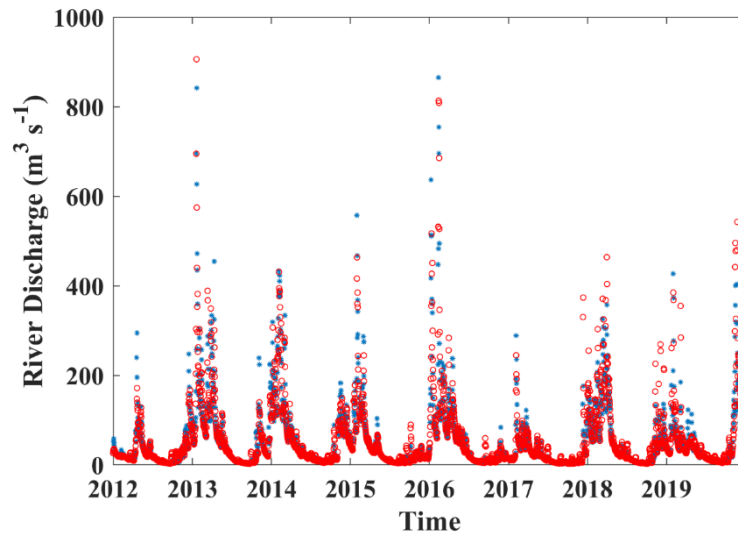
OURENSE



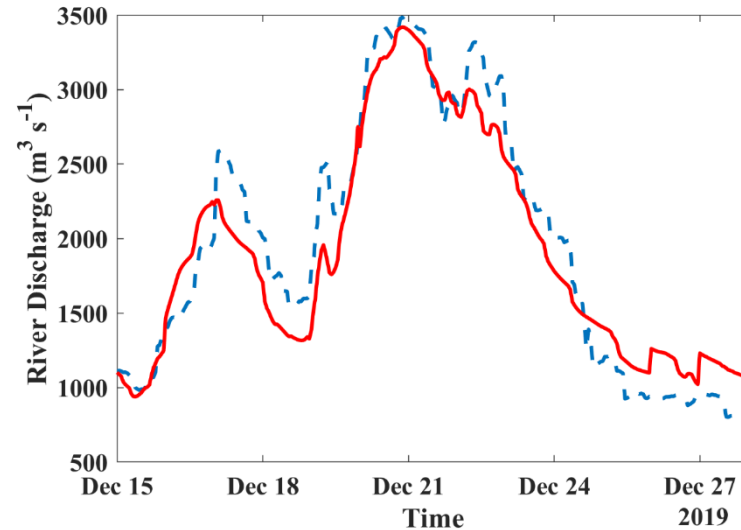
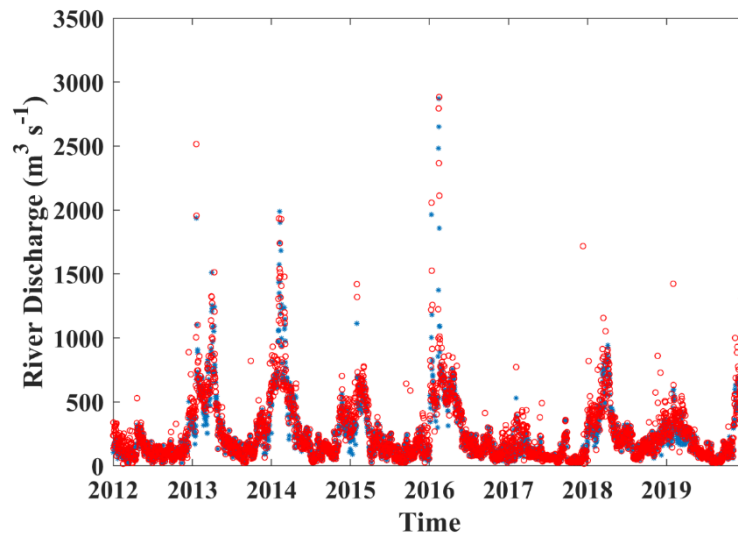
Módulo Hidrológico

Medición
Predicción
(24 horas)

LUGO



OURENSE



Módulo Hidrológico

Si $NSE > 0,7$ & $|PBIAS| < 25\%$



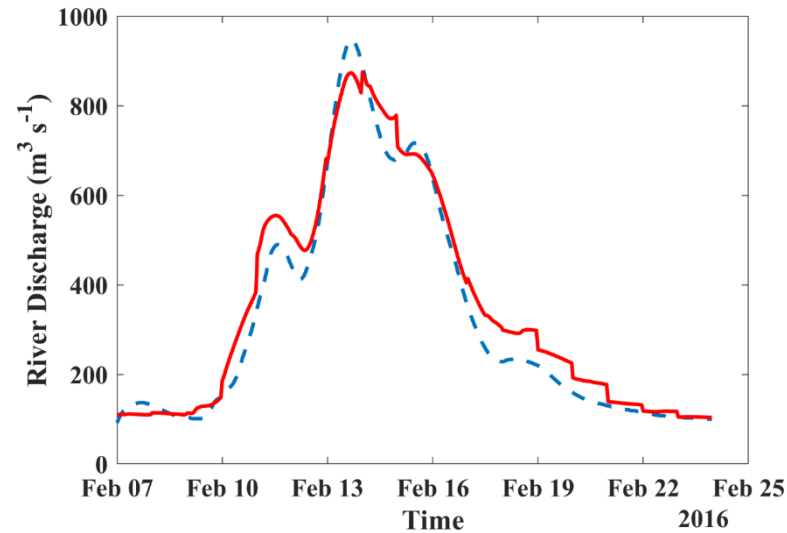
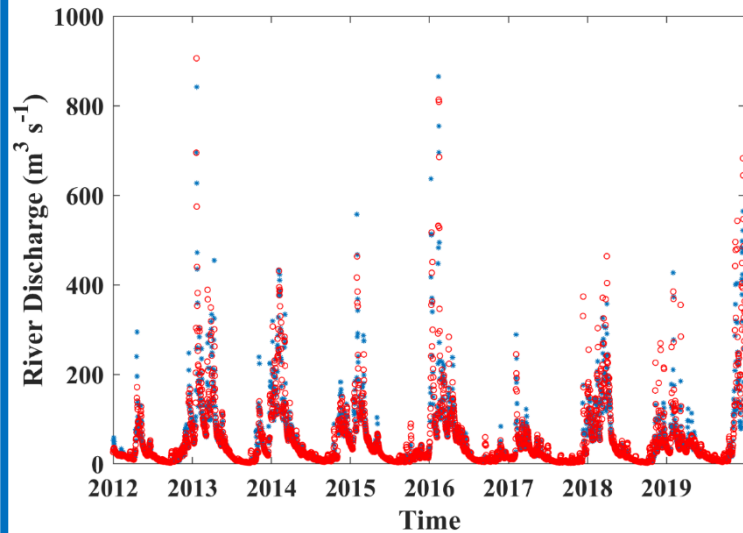
Toda la serie de caudal

Parámetro Estadístico	Lugo
r	0,97
RSR	0,30
NSE	0,91
PBIAS	-5,25

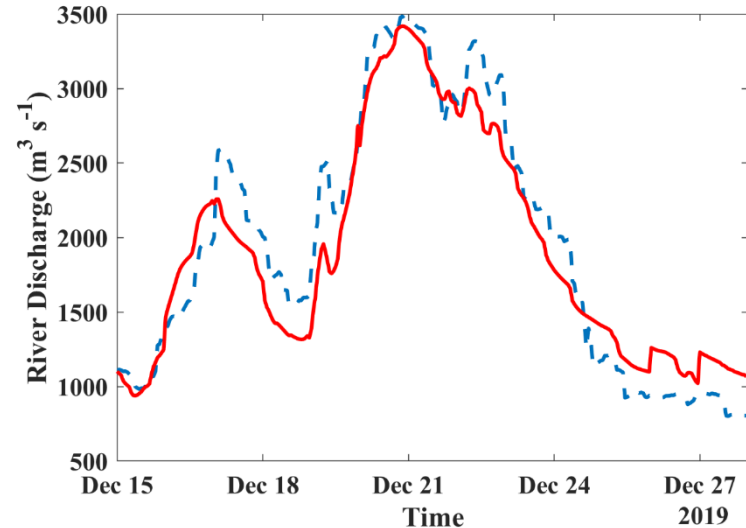
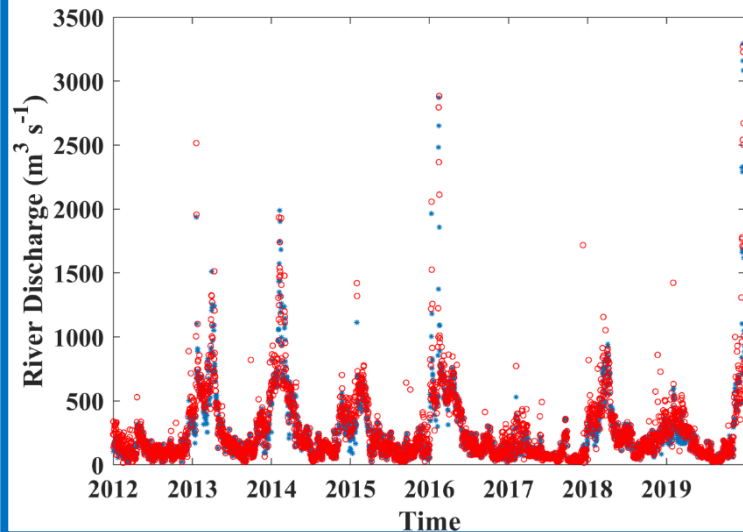
Parámetro Estadístico	Ourense
r	0,90
RSR	0,37
NSE	0,86
PBIAS	-9,89

Medición
Predicción
(24 horas)

LUGO



OURENSE



Módulo Hidrológico

Si $NSE > 0,7$ & $|PBIAS| < 25\%$



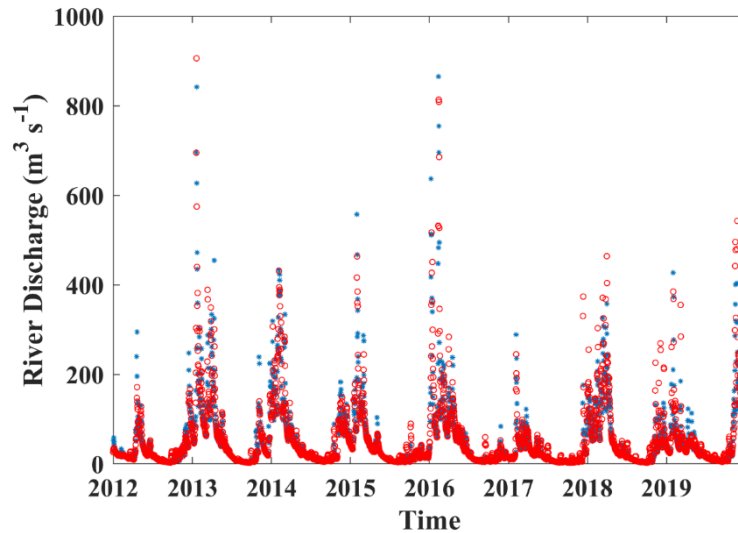
Caudales Extremos

Parámetro Estadístico	Lugo
r	0,89
RSR	0,42
NSE	0,82
PBIAS	-4,08

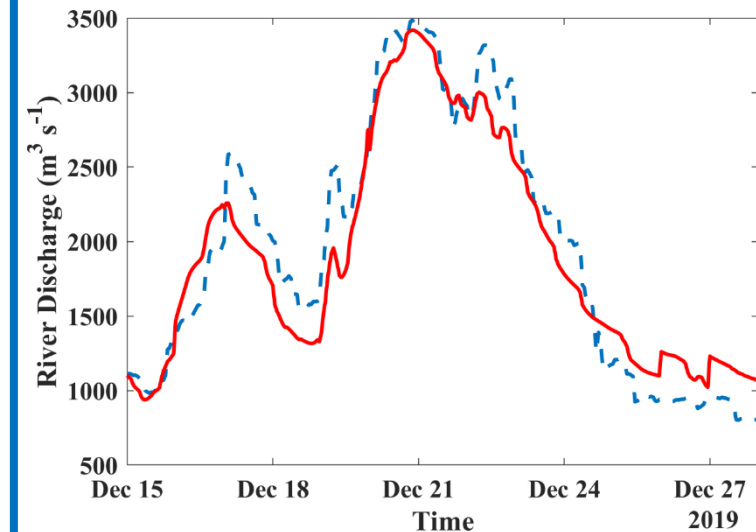
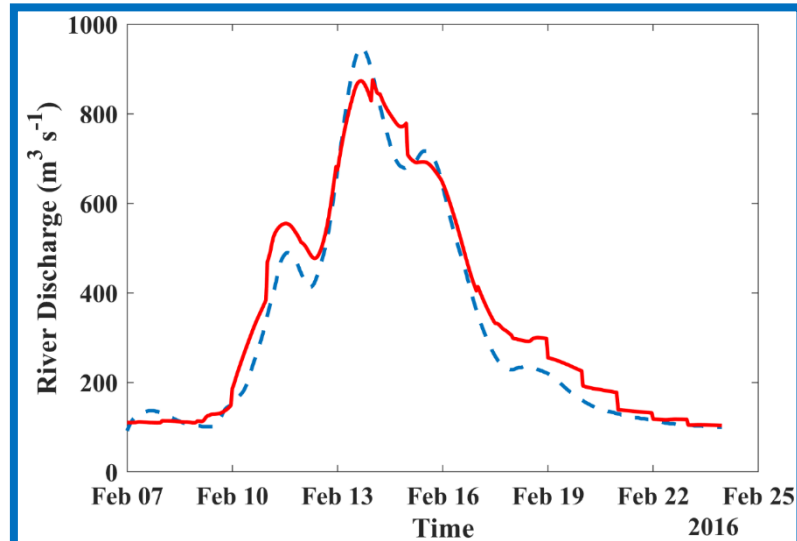
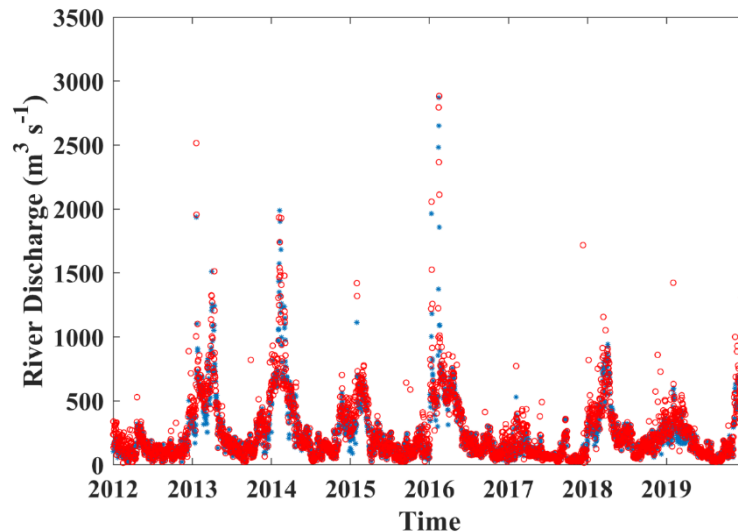
Parámetro Estadístico	Ourense
r	0,85
RSR	0,54
NSE	0,71
PBIAS	-6,70

Medición
Predicción
(24 horas)

LUGO



OURENSE



Módulo Hidráulico

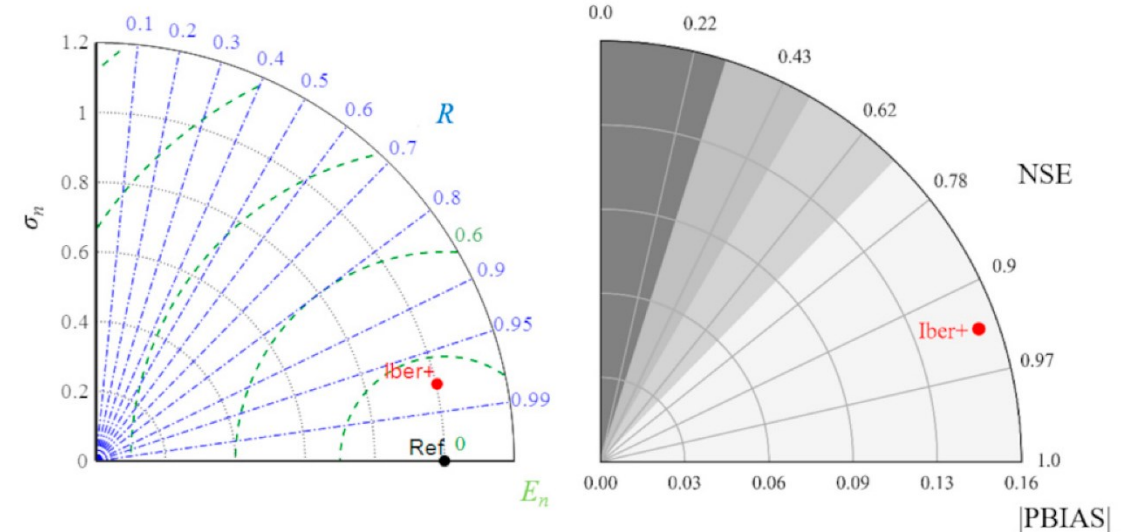
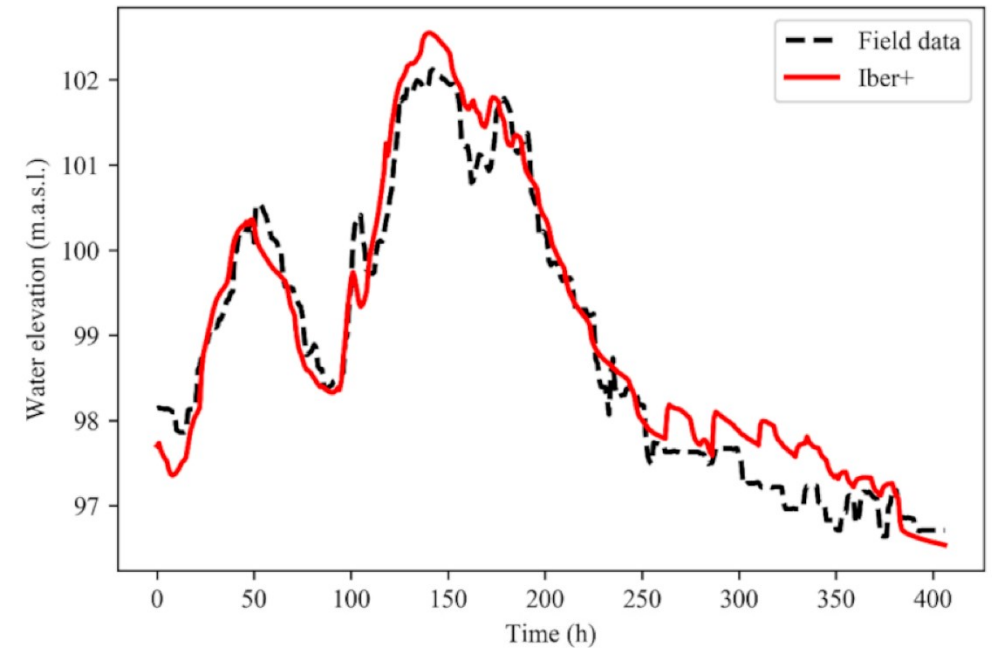
- Iber +:
 - *Modelo Hidrodinámico 2D*
 - *Aplica las ecuaciones de St. Venant (aguas someras)*
 - **Aplicado a poblaciones bajo riesgo de daños por inundación**



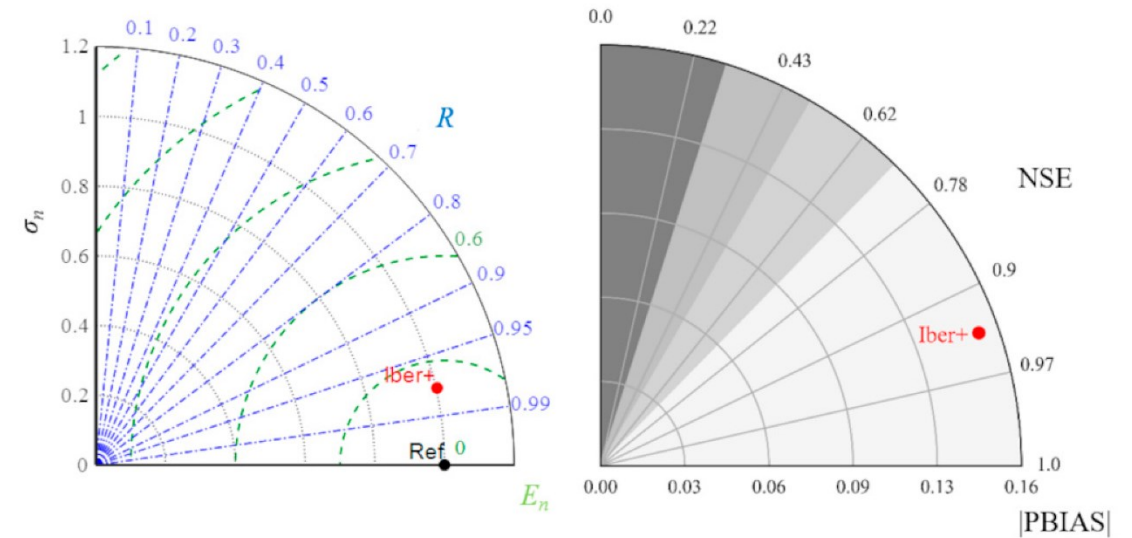
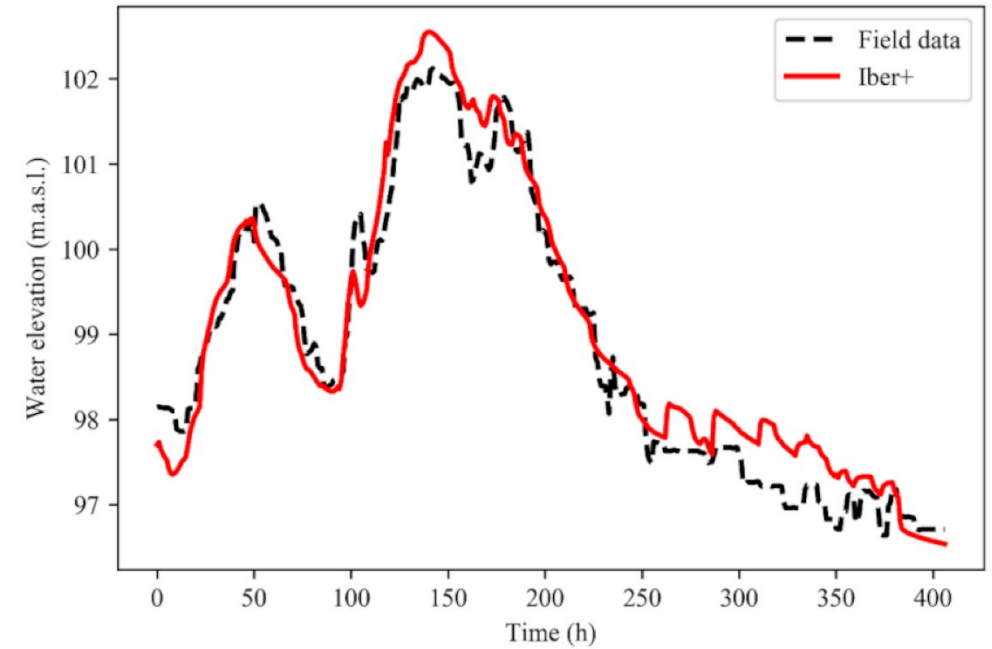
2D hydraulic modelling

Módulo Hidráulico

*Evento de Diciembre de
2019 en Ourense*



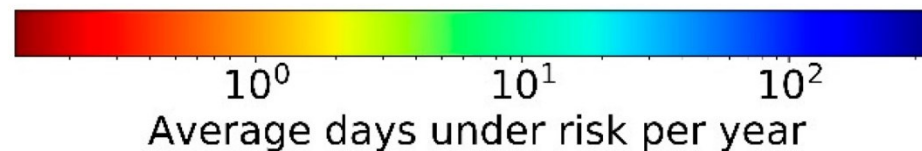
Módulo Hidráulico



Sistema Integrado: (Módulo Hidrológico-Hidráulico)

		Eventos Reales de Alerta por Inundación		Total
		Alerta	No Alerta	
Eventos Predichos por el sistema MIDAS de Alerta de Inundación	Alerta	13	5	18
	No Alerta	4		
Total		17		

Sistema Integrado: (Módulo Hidrológico-Hidráulico)



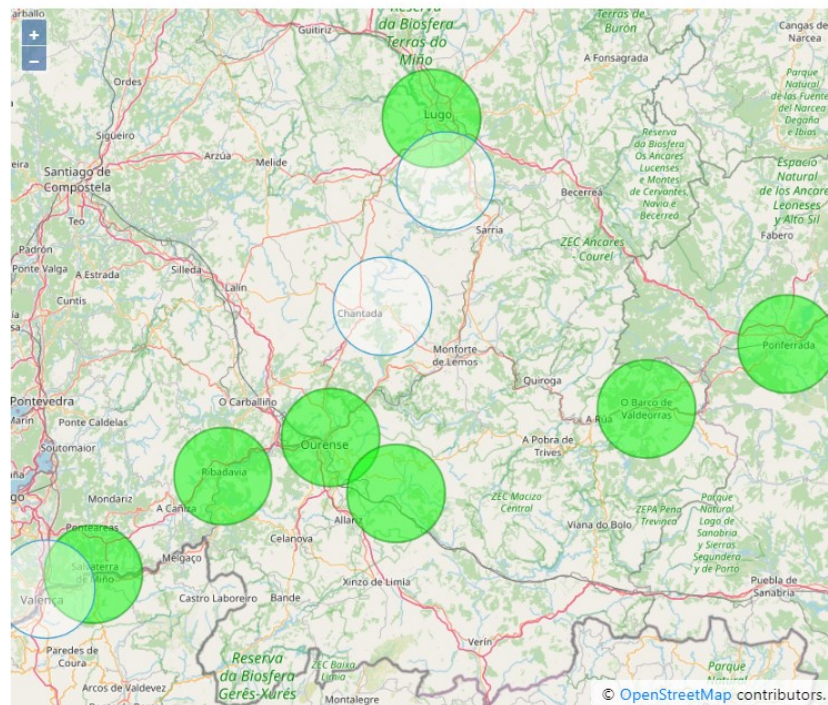
Sistema Alerta Temprana Miño-Sil



Mapa de localizaciones 29/9/2022

El sistema funciona de forma automática al estar disponibles los pronósticos de precipitación de MeteoGalicia

< 1 hora
Información simulaciones hidráulicas



Lugo
Nivel de riesgo: Sin Riesgo
Simulación Hidráulica
Portomarín
Chantada
Ourense
Nivel de riesgo: Sin Riesgo
Simulación Hidráulica
Ribadavia
Nivel de riesgo: Sin Riesgo
Simulación Hidráulica
Barco
Nivel de riesgo: Sin Riesgo
Simulación Hidráulica
Salvaterra
Nivel de riesgo: Sin Riesgo
Simulación Hidráulica
Desembocadura
Baños de Molgas
Nivel de riesgo: Sin Riesgo
Simulación Hidráulica
Ponferrada
Nivel de riesgo: Sin Riesgo

<https://riverflood.ephyslab.uvigo.es/home>

Sistema Alerta Temprana Miño-Sil

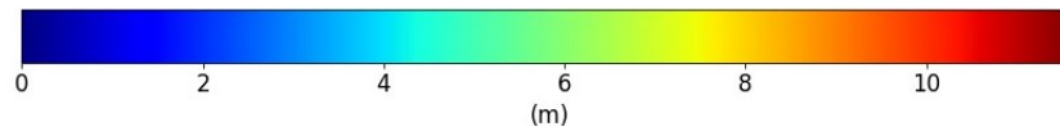
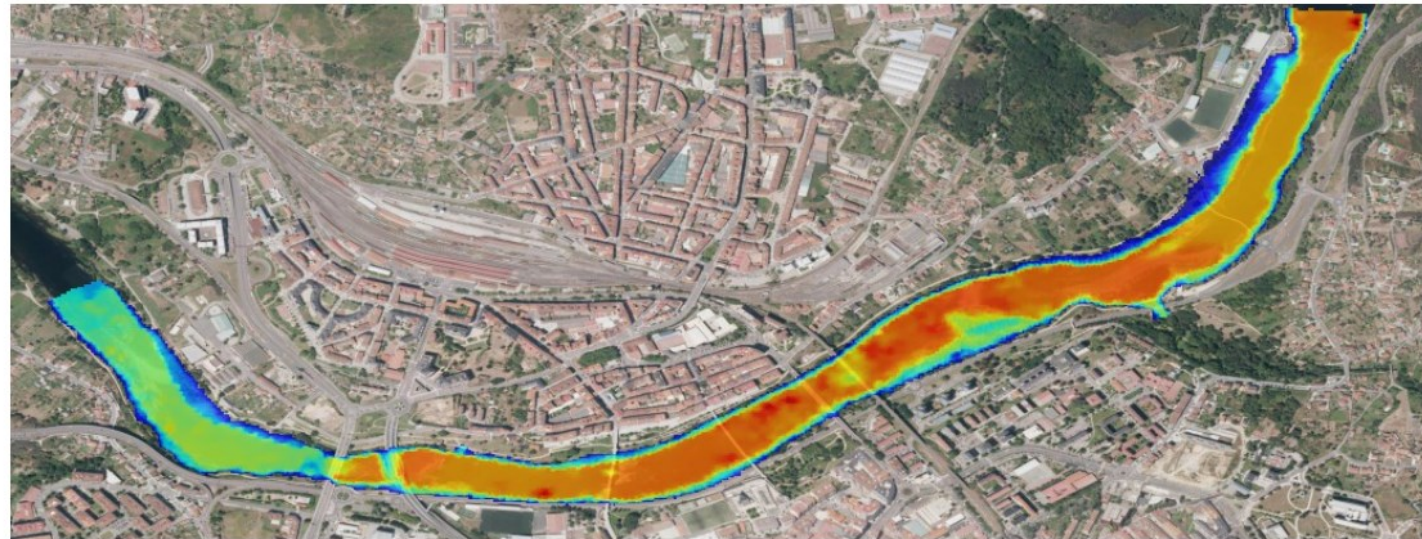


RIVERFLOOD

Inicio Acerca de este sitio

Cambiar de modelo (master) ▾

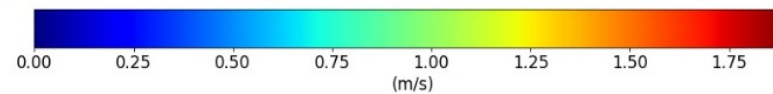
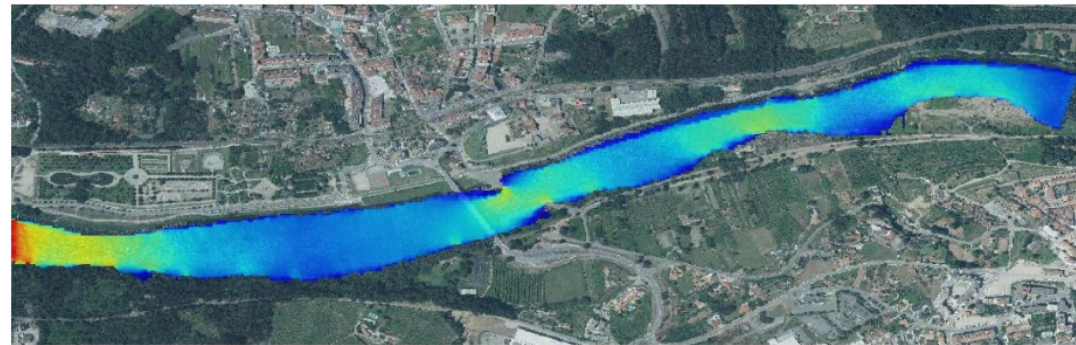
Calados máximos



Sistema Alerta Temprana Miño-Sil

Mapa de velocidades por horas

Predicción de velocidad a las 14:00 horas



Utiliza el selector para cambiar la imagen a visualizar.

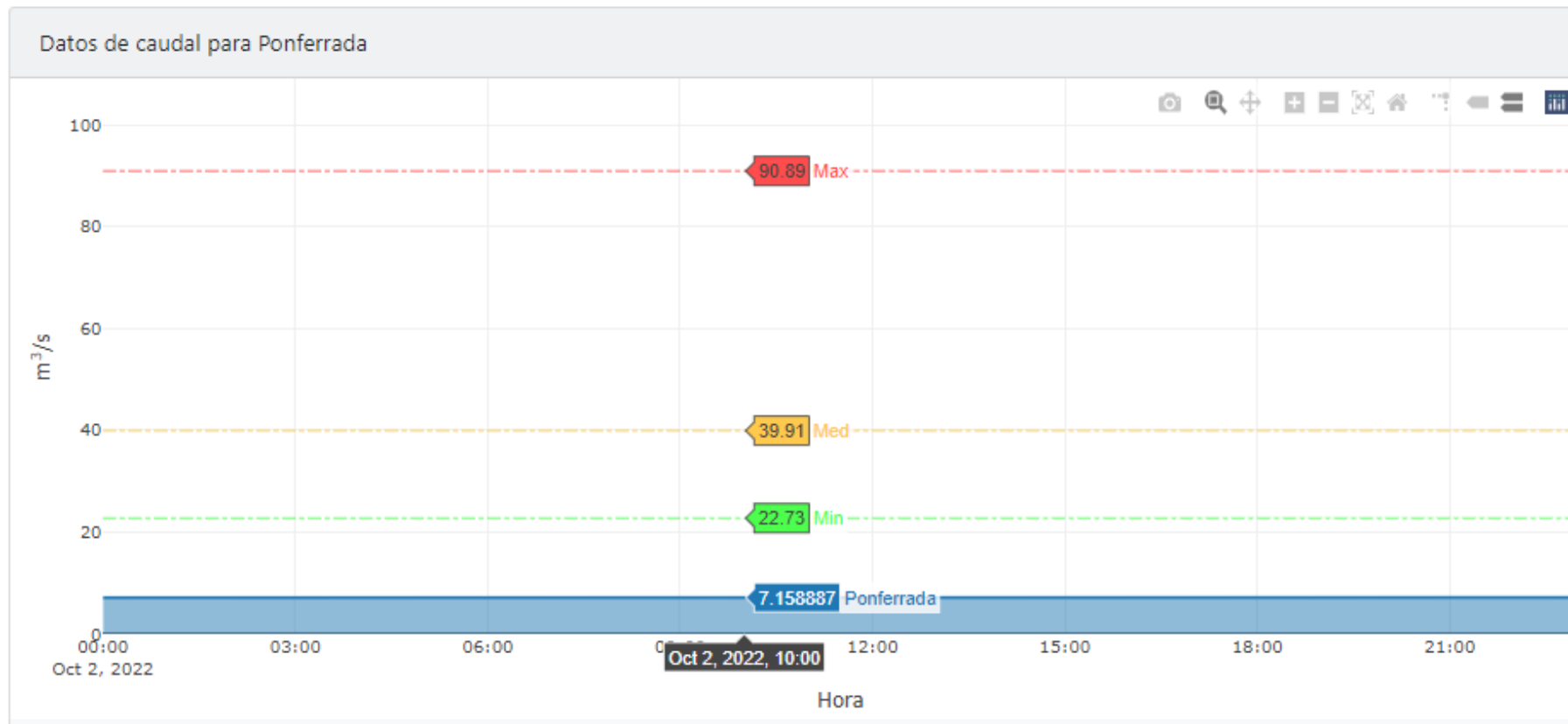
Sistema Alerta Temprana Miño-Sil

Máximo peligro



Sistema Alerta Temprana Miño-Sil

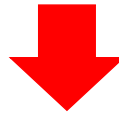
Ponferrada: Detalles de la zona 2/10/2022



Sistema Alerta Temprana Miño-Sil

Simulación Hidrológica en toda la Cuenca del Miño-Sil

Simulación Hidráulica en las zonas concretas susceptibles a inundaciones



Predicción detallada de Inundaciones con Antelación Suficiente

- Todos los modelos, sistemas y datos utilizados son de libre acceso.
- Implementaciones con pocos parámetros: más fácilmente aplicables en localizaciones con escasez de datos.
- Sistema económico. Bajo coste.

Mejoras y Perspectivas Futuras

- Mejora del Módulo Hidrológico.
 - *Implementación de nuevas aproximaciones hidrológicas.*
 - *Posibilidad de implementar modelos distribuidos.*

Mejoras y Perspectivas Futuras

- Mejora del Módulo Hidrológico.
- Aplicación de diferentes conjuntos de Modelos Predictivos de Precipitación (*Ensembles*).
 - *Enfoque Multi-Modelo para reducir las incertidumbres de la predicción.*

Mejoras y Perspectivas Futuras

- Mejora del Módulo Hidrológico.
- Aplicación de diferentes conjuntos de Modelos Predictivos de Precipitación (*Ensembles*).
- Predicción a largo plazo: Ríos Atmosféricos.
 - *Detección anticipada de eventos con alta probabilidad de causar inundaciones.*

Mejoras y Perspectivas Futuras

- Mejora del Módulo Hidrológico.
- Aplicación de diferentes conjuntos de Modelos Predictivos de Precipitación (*Ensembles*).
- Predicción a largo plazo: Ríos Atmosféricos.
- Implementación de Embalses e Inteligencia Artificial (Redes Neuronales) para predicción y operatividad efectiva ante inundaciones.
 - Aplicación de técnicas de inteligencia artificial a la predicción de caudales en embalses

Mejoras y Perspectivas Futuras

- Mejora del Módulo Hidrológico.
- Aplicación de diferentes conjuntos de Modelos Predictivos de Precipitación (*Ensembles*).
- Predicción a largo plazo: Ríos Atmosféricos.
- Implementación de Embalses e Inteligencia Artificial (Redes Neuronales) para predicción y operatividad efectiva ante inundaciones.
- Ampliar zonas de aplicación del Módulo Hidráulico.

Mejoras y Perspectivas Futuras

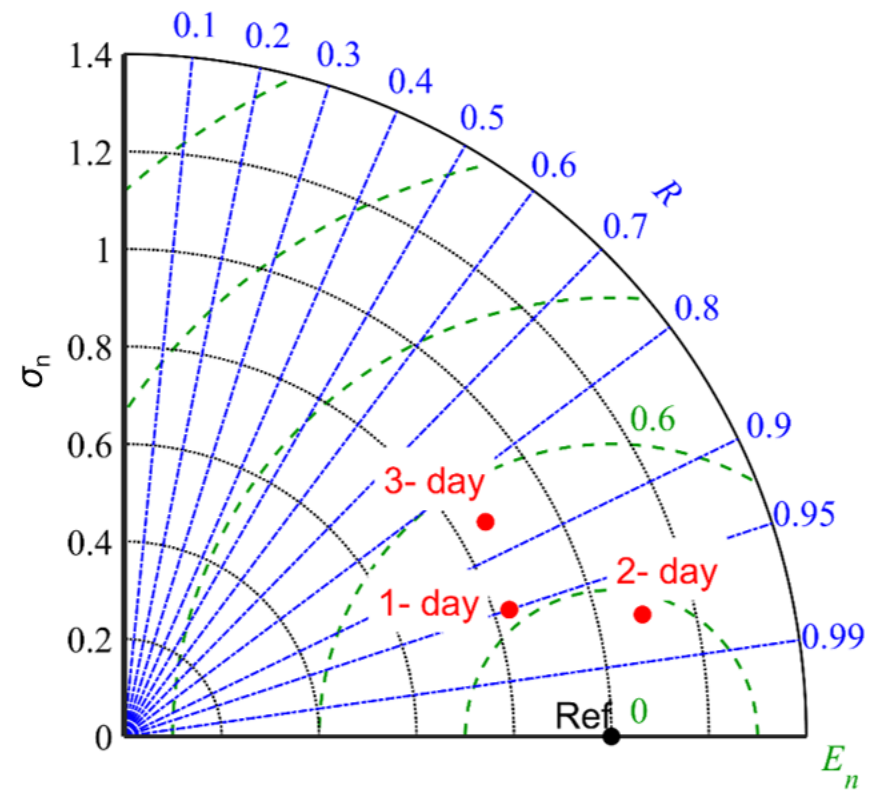
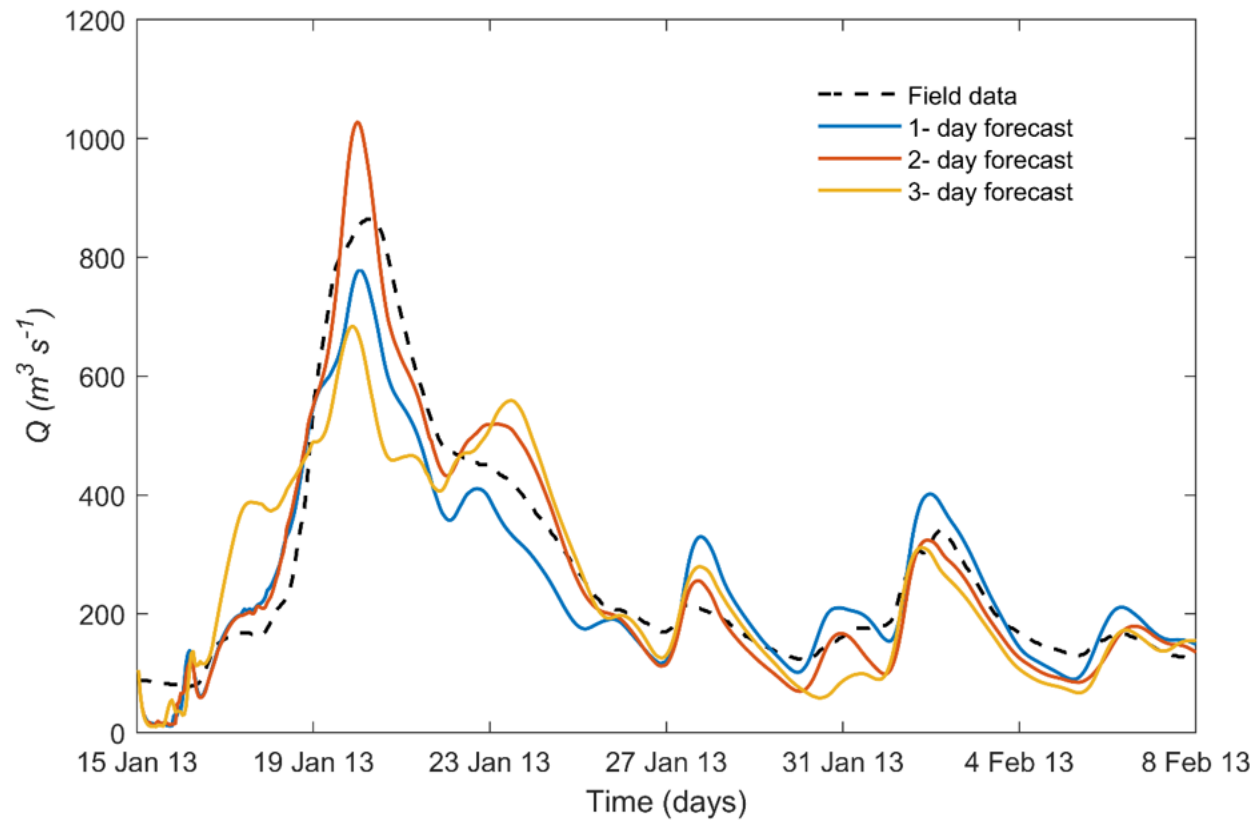
- Mejora del Módulo Hidrológico.
- Aplicación de diferentes conjuntos de Modelos Predictivos de Precipitación (*Ensembles*).
- Predicción a largo plazo: Ríos Atmosféricos.
- Implementación de Embalses e Inteligencia Artificial (Redes Neuronales) para predicción y operatividad efectiva ante inundaciones.
- Ampliar zonas de aplicación del Módulo Hidráulico.
- Estudios de evolución futura tanto de la disponibilidad del recurso como de las inundaciones, ante los diferentes escenarios climáticos proyectados.
 - Evaluación multi-escala del riesgo de inundación bajo proyecciones climáticas

A wide river flows through a deep, rocky canyon. The river is a deep blue-grey color, reflecting the sky. The canyon walls are steep and rocky, with some green vegetation on the slopes. The sky is blue with scattered white clouds. The text is overlaid on the center of the image.

Sistema de Alerta Temprana ante Inundaciones en la cuenca del Miño-Sil (MIDAS)

Diego Fernández Nóvoa
(diefernandez@uvigo.es)

Módulo Hidrológico



Sistema Alerta Temprana Miño-Sil

Estado de Alerta (<i>Ourense</i>)	Caudal (m^3s^{-1})
<i>Pre – Activación</i>	< 511
<i>Activación</i>	> 511
<i>Pre – Alerta</i>	> 1253
<i>Alerta</i>	> 2000