

# EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL FENÓMENO NIVAL Y LA EVOLUCIÓN DE LOS GLACIARES EN ESPAÑA

40º ANIVERSARIO PROGRAMA ERHIN (Estudio de los Recursos Hídricos procedentes de la Innivación)

MESA REDONDA: Líneas de actuación futura en materia de gestión del fenómeno nival y cambio climático.

- Guiomar Ruiz. TRAGSATEC
- Luis Javier Etayo. Acciona Energía
- Samuel Buisán. AEMET
- María Salazar. OECC
- Justo Mora. ICCP
- Eduardo Lastrada. UPV

*Moderadora: Marisa Moreno. C.H Ebro*

SPAIN WATER



Dirección General del Agua  
Dirección General de la Costa y el Mar

GUIOMAR  
RUIZ



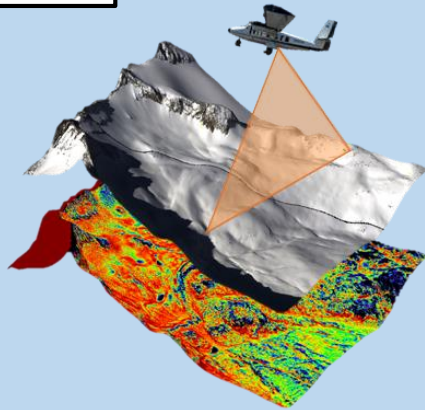


# EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL FENÓMENO NIVAL Y LA EVOLUCIÓN DE LOS GLACIARES EN ESPAÑA

Líneas de actuación futura en materia de gestión del fenómeno nival y cambio climático



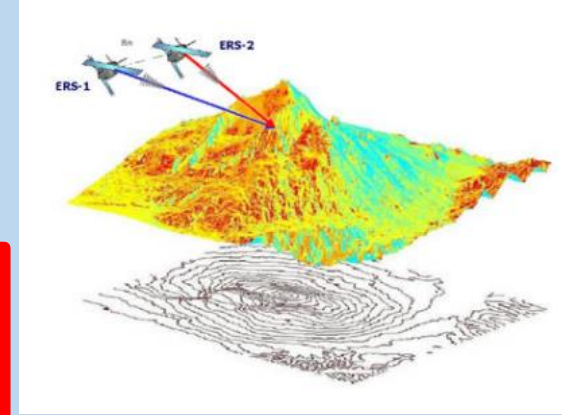
**LiDAR**



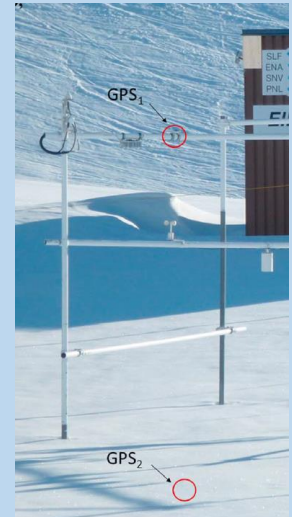
**MODIS**



**RADAR**



**SENSORES  
LOW-COST**



**I+D+I  
NIX-MAPPA**



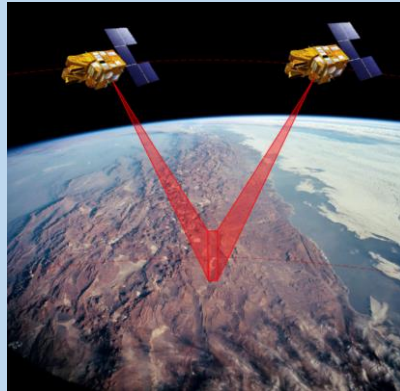
**I+D+I  
NIX-DENS**



**I+D+I  
NIX-FLOOD**



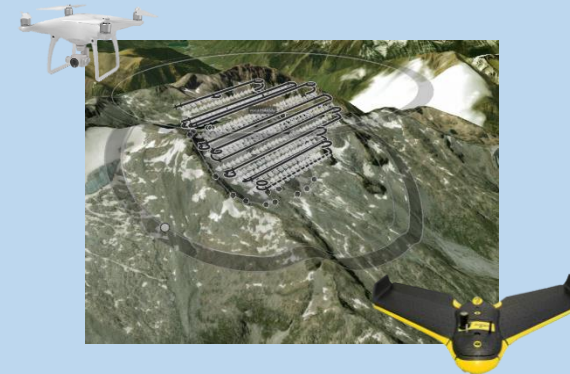
**PLÉIADES// SPOT**



**SENTINEL**



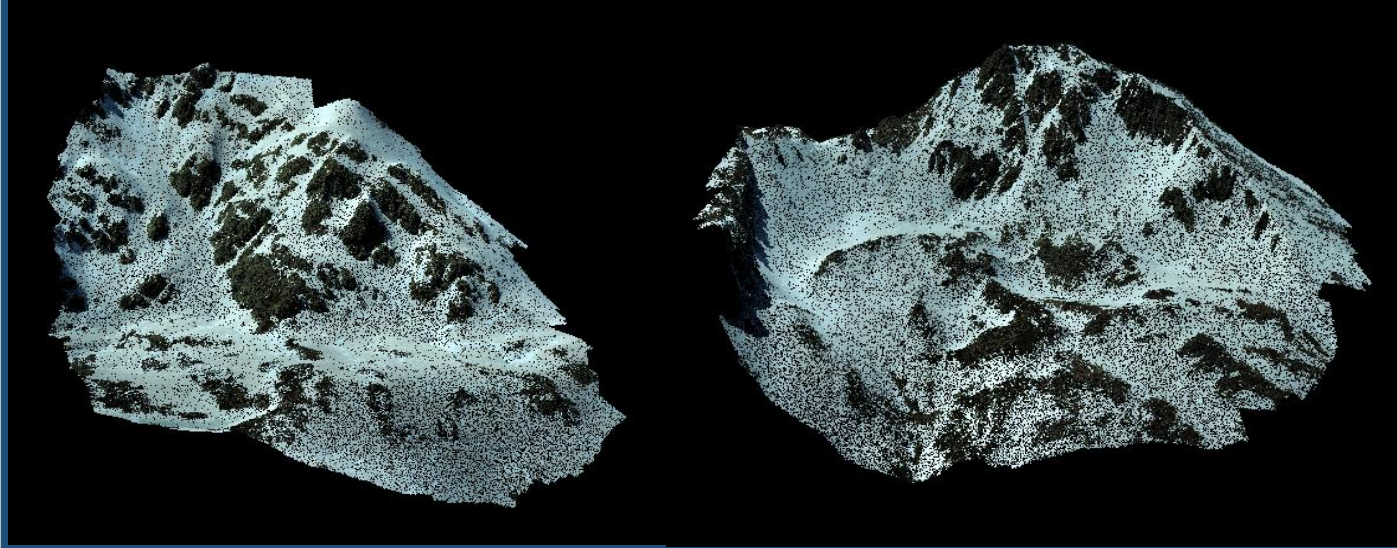
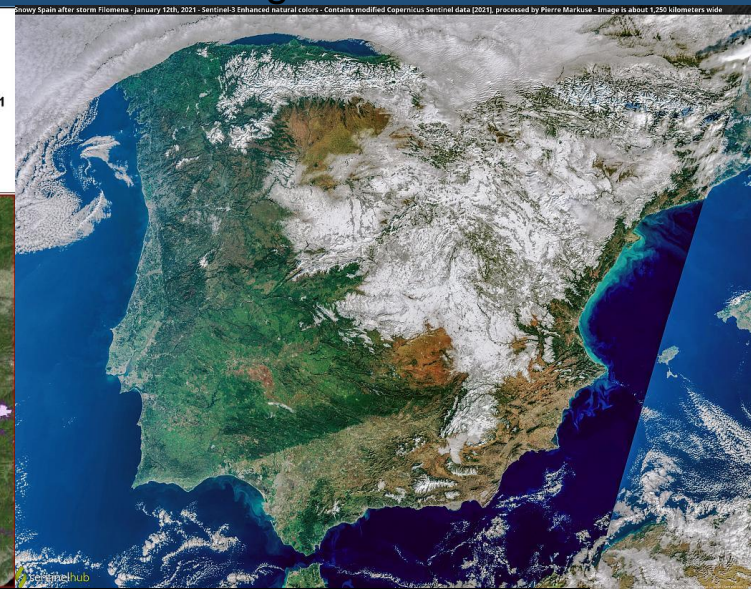
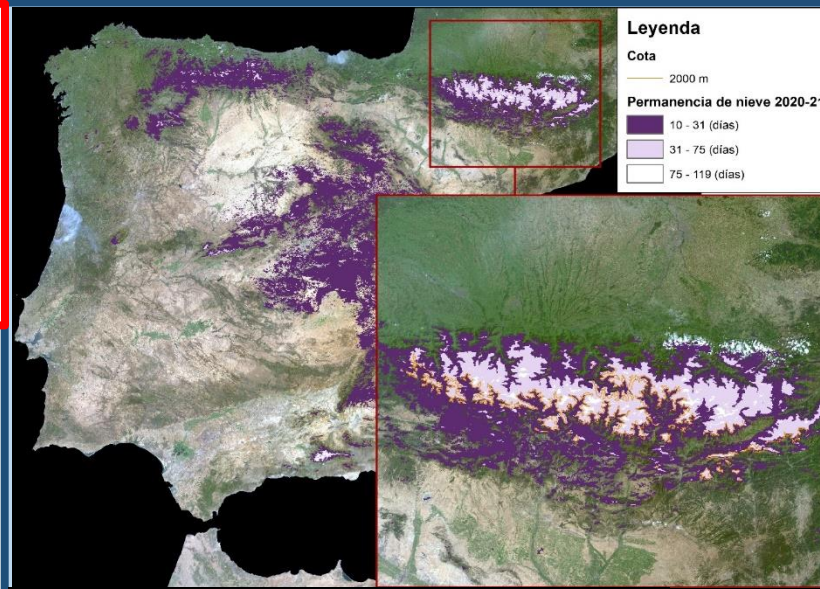
**DRONES**





# EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL FENÓMENO NIVAL Y LA EVOLUCIÓN DE LOS GLACIARES EN ESPAÑA

Líneas de actuación futura en materia de gestión del fenómeno nival y cambio climático



I+D+I  
NIX-MAPPA



I+D+I  
NIX-DENS



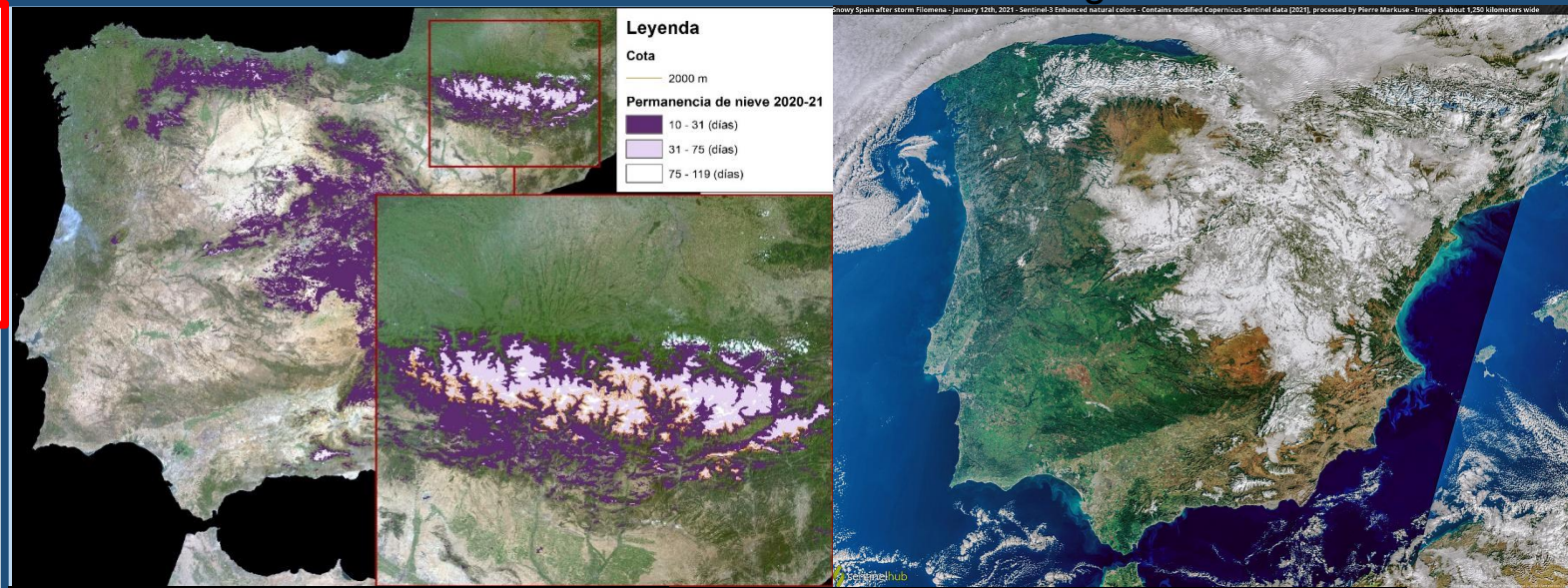
I+D+I  
NIX-FLOOD





# EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL FENÓMENO NIVAL Y LA EVOLUCIÓN DE LOS GLACIARES EN ESPAÑA

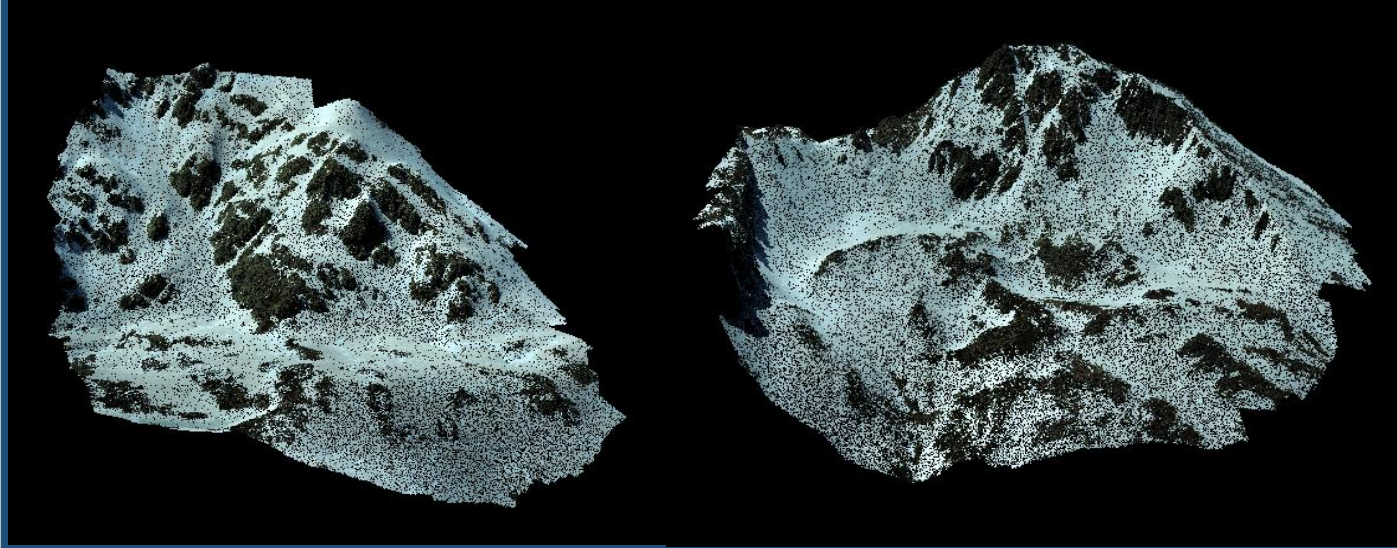
Líneas de actuación futura en materia de gestión del fenómeno nival y cambio climático



I+D+I  
NIX-MAPPA

I+D+I  
NIX-DENS

I+D+I  
NIX-FLOOD



[Haga clic aquí](#)



# Luis Javier Etayo



Gerente Optimización Hidráulica,  
Térmica y Fotovoltaica.

ACCIONA ENERGÍA



Ibón de IP  
(Aragón)



Presa de Respomuso  
(Gállego)



Presa de Urdiceto  
(Cinca)







GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

**CEDEX**  
CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

**INFORME TÉCNICO**  
para

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente  
Secretaría de Estado de Medio Ambiente  
Dirección General del Agua

**ESTUDIO DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS Y LAS MASAS DE AGUA**

**EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS DISPONIBLES EN LOS SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN**

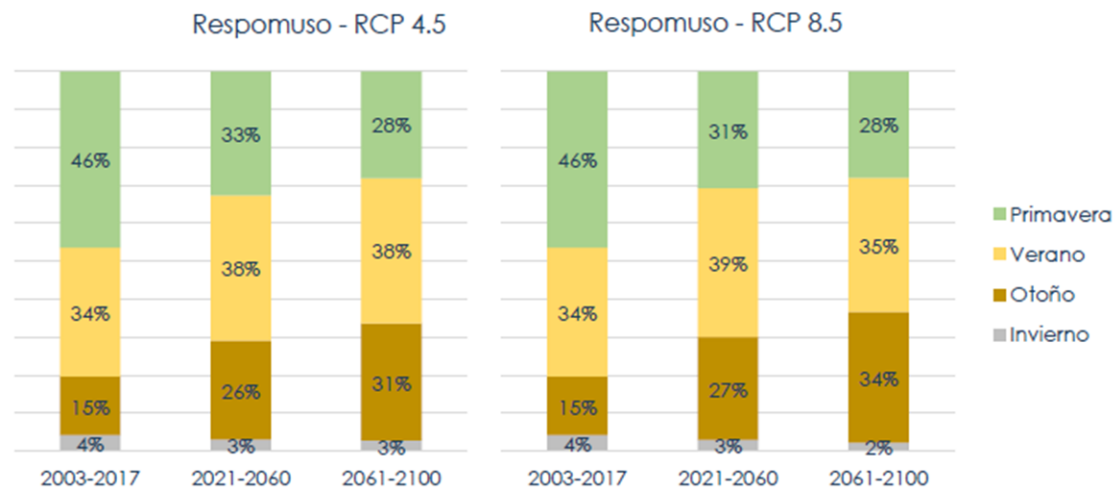
INFORME  
TOMO ÚNICO

Clave CEDEX: 43-308-5-001

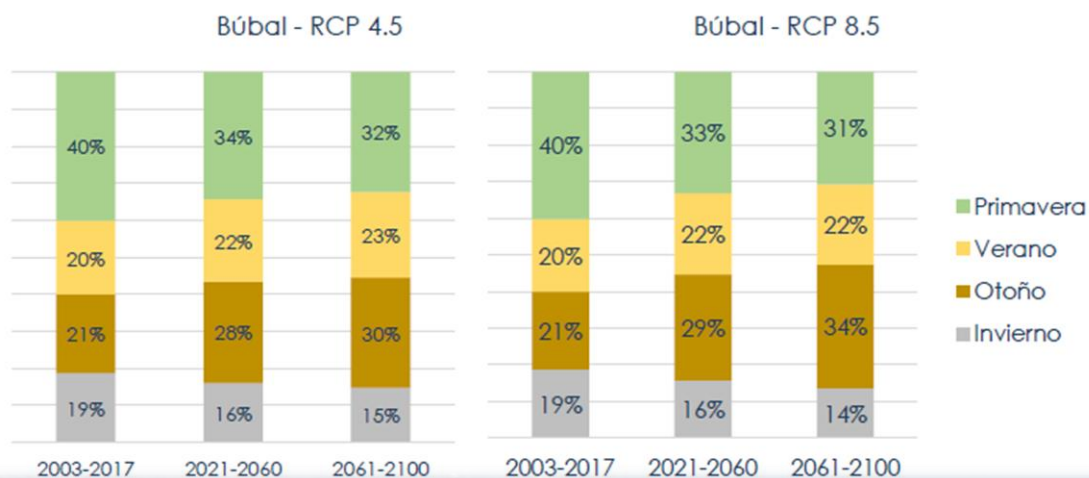
Madrid, diciembre de 2012

Centro de Estudios Hidrográficos

Variación de la estacionalidad del caudal de aportación del embalse de Resposuso:



Variación de la estacionalidad del caudal de aportación del embalse de Búbal:

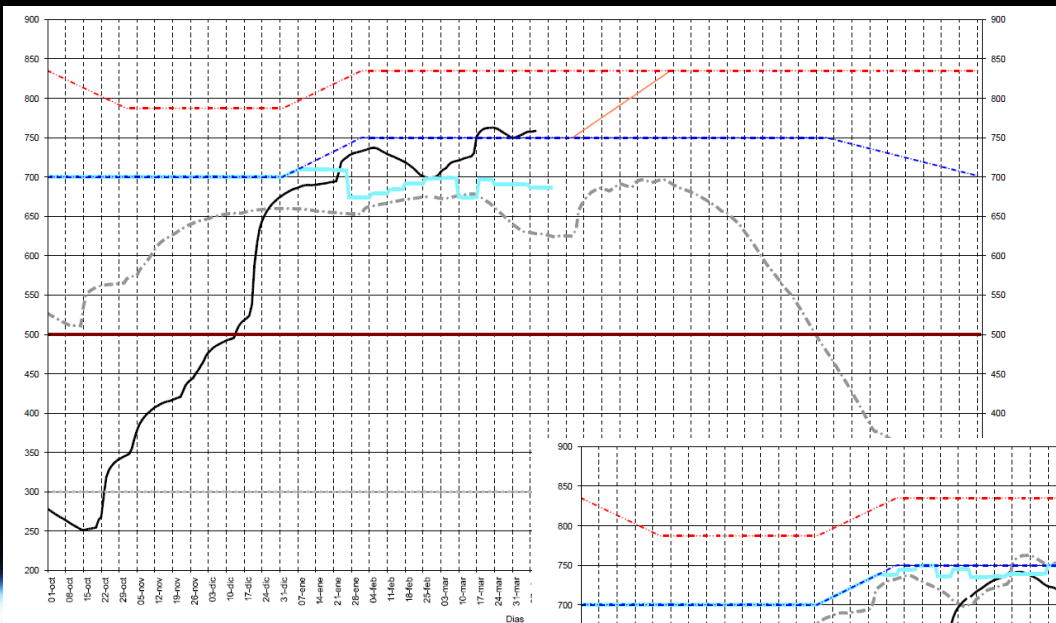




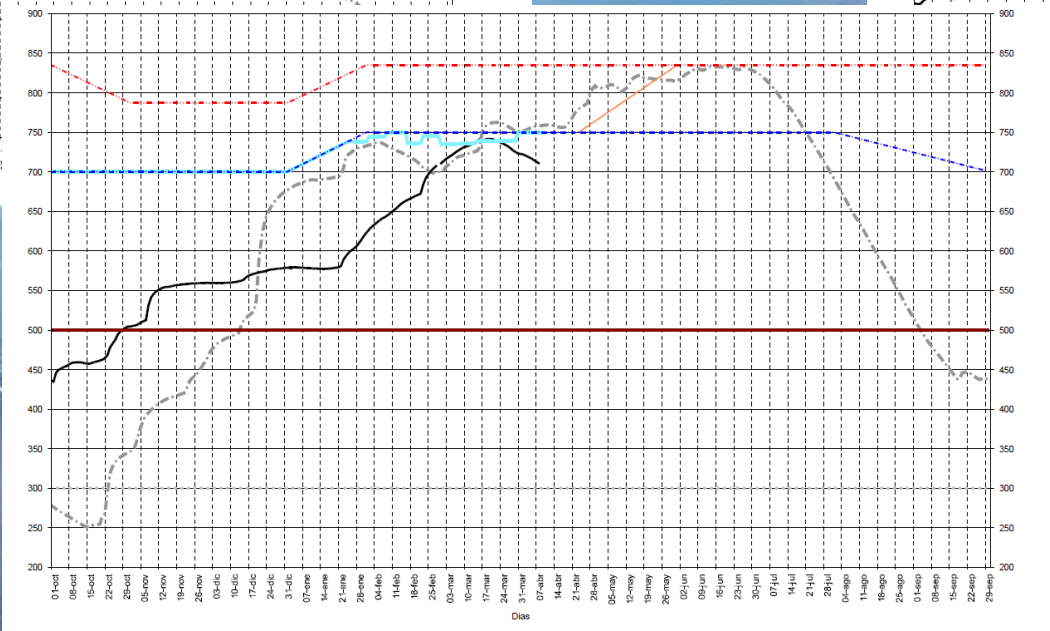
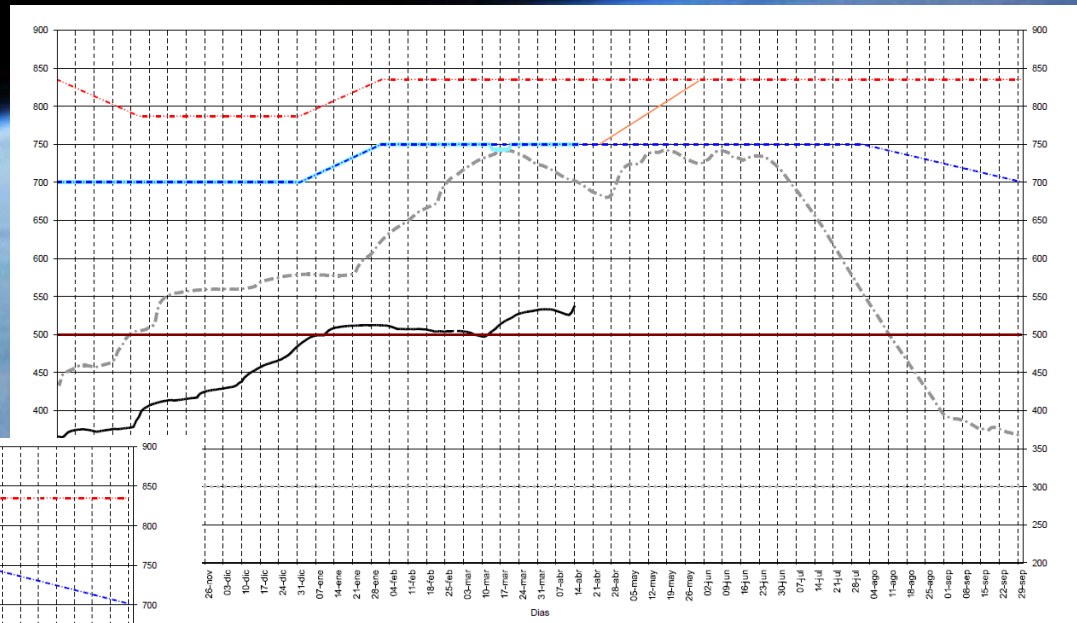
# Sistema Grado-Mediano en hm<sup>3</sup>

40 aniversario programa ERHIN

## Año 2019-2020



## Año 2020-2021



## Año 2021-2022

- - - Resguardo
- - - Expl. SIN nieve
- . . . Muerto Hidroelec.
- Volumen 2021-22 Hoy:536,58
- Turb. Condicionada
- Caudales Restringidos
- VARIABLE 2021-22 Hoy:750,00
- Vol. 2020-21



# Conocimiento del recurso nival en explotación de embalses

- Mayor disponibilidad de agua para población, industria, regadío...
- Menor riesgo de inundación, reducción del impacto en poblaciones con menores pérdidas económicas
- Mayor producción de energía renovable



# SAMUEL BUISÁN







GOBIERNO  
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA  
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



# Algunos ejemplos de actividades de AEMET relacionadas con la medida de la nieve

Samuel T. Buisán



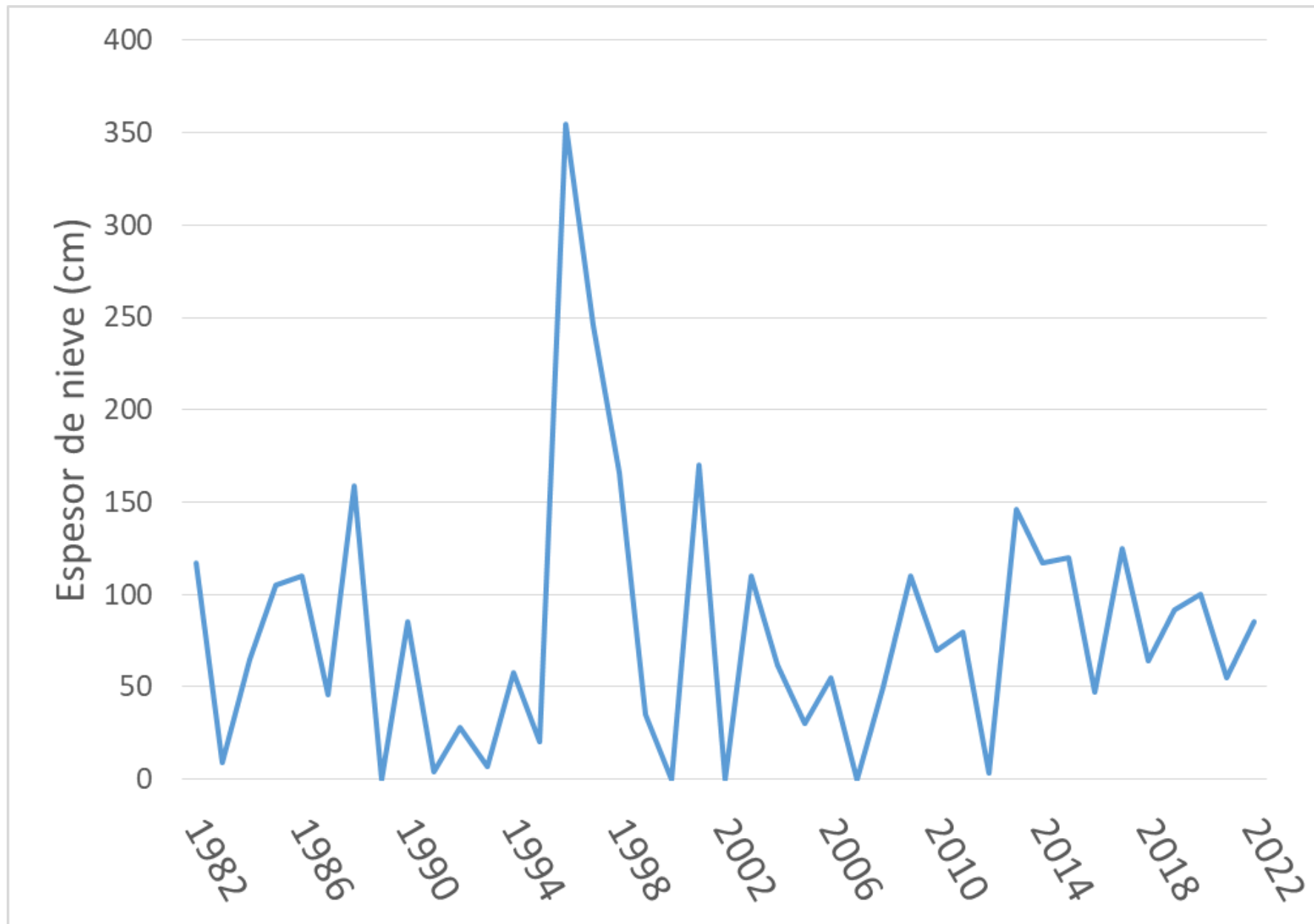


## Refugio de Goriz (2220 m)

Serie temporal continua de espesor de nieve,  
temperatura y precipitación del Pirineo  
**(Desde 1981)**

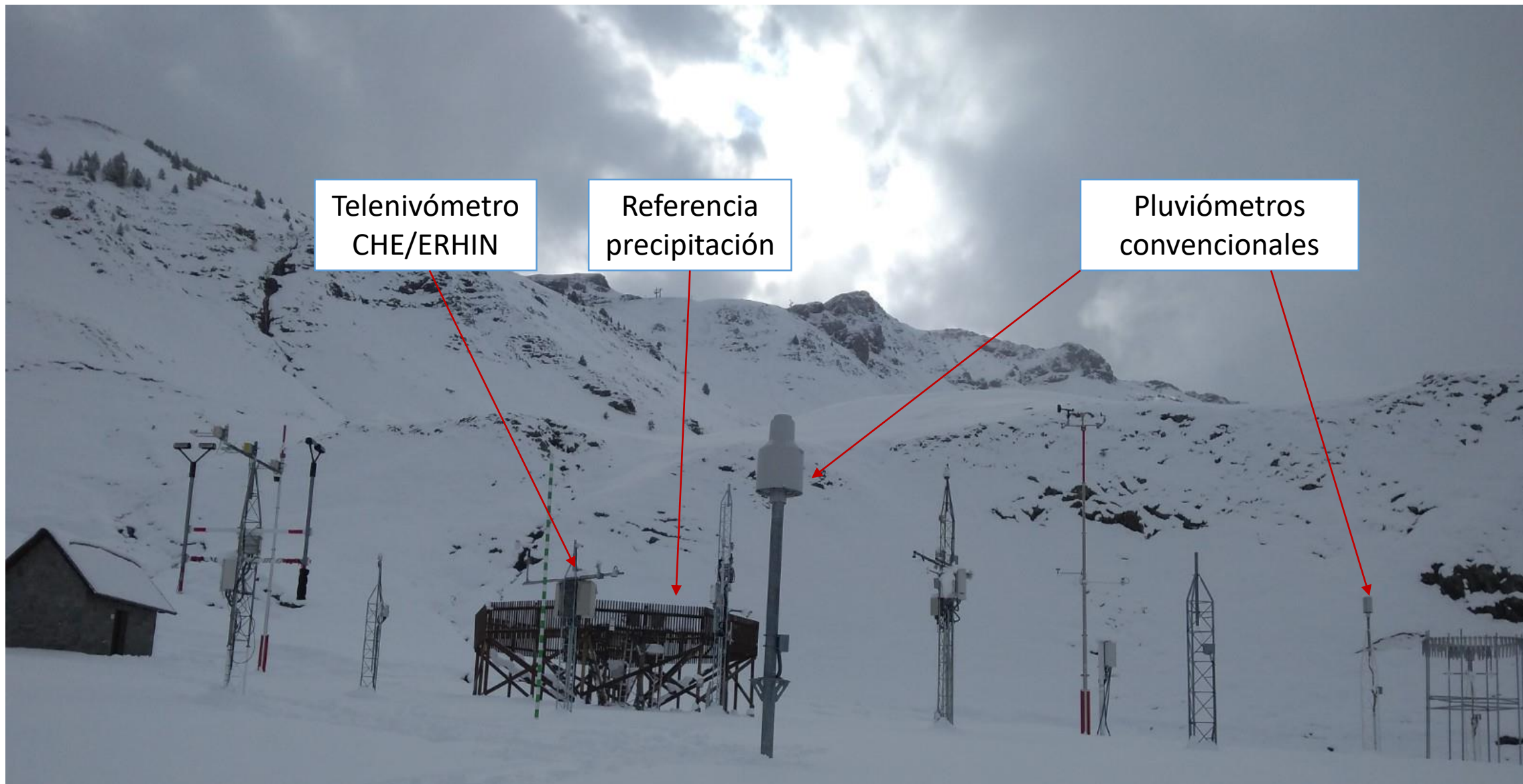


## Evolución del espesor de nieve en Febrero



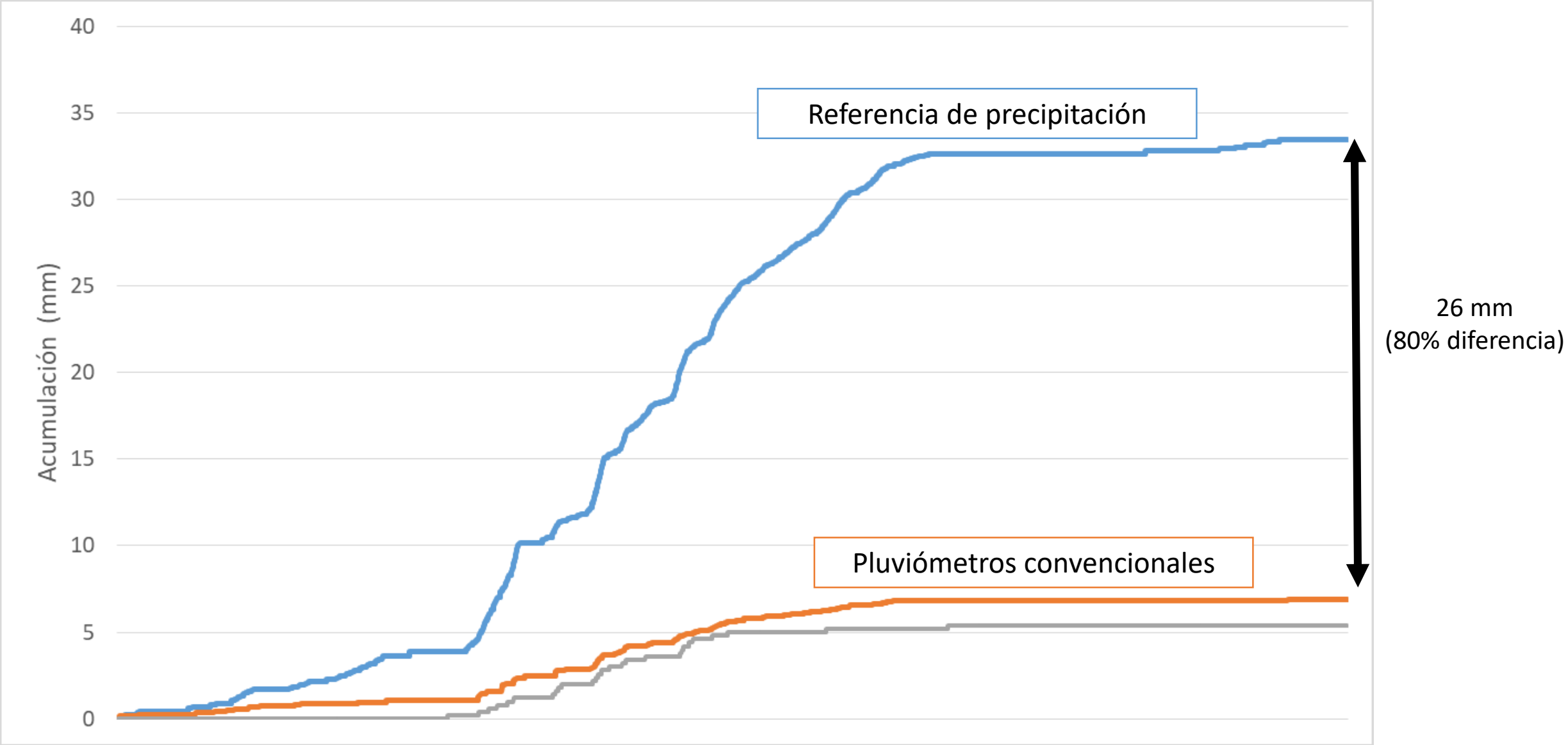


# Centro internacional de AEMET en Formigal-Sarrios





# Episodio de nevadas del 01/04/2022 – 02/04/2022

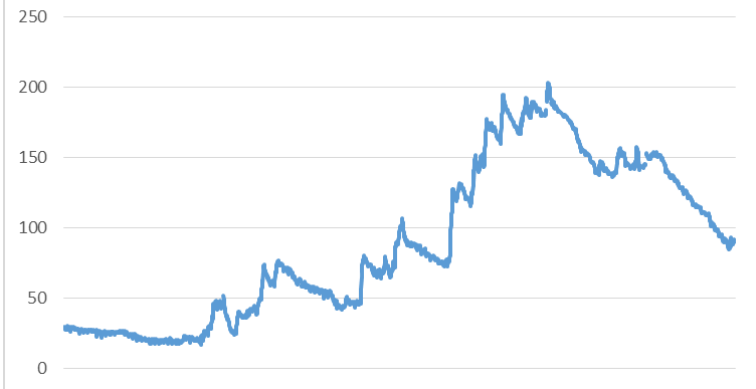




2014-2015



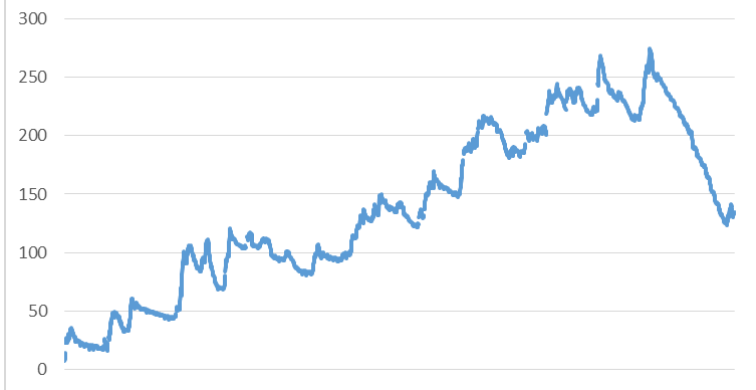
2015-2016



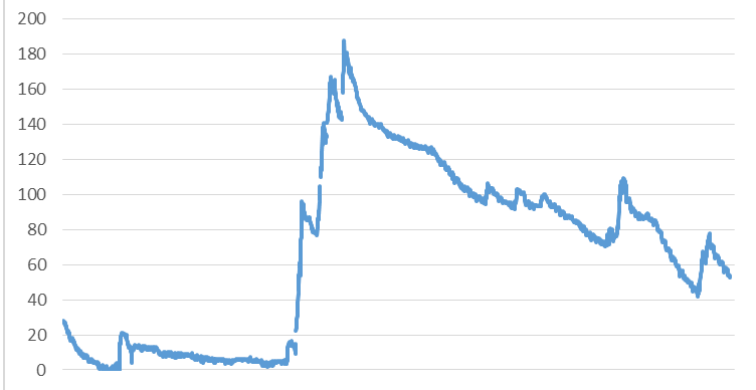
2016-2017



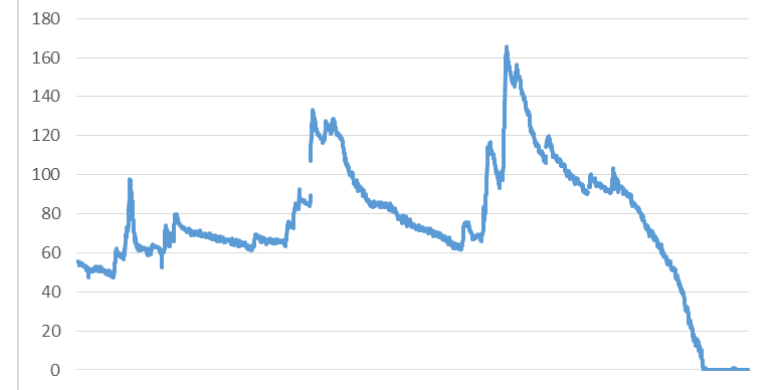
2017-2018



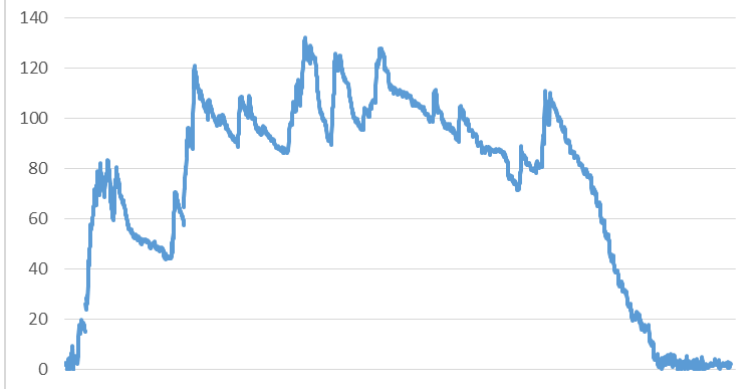
2018-2019



2019-2020



2020-2021



Espesor de nieve en Formigal-Sarriós(1 de Diciembre – 1 de Mayo)

“Cada temporada invernal es diferente”

La de este año, ¿a cuál se parece?



Astún – La Raca



Sierra Nevada



Torla El Cebollar



Port Ainé

SEGUIMOS MONITORIZANDO EL  
PIRINEO CON ESTACIONES  
AUTOMÁTICAS DE ALTA MONTAÑA Y  
NIVOMETEOROLOGICAS MANUALES  
EN REFUGIOS DE MONTAÑA Y  
ESTACIONES DE ESQUÍ



Panticosa - Petrosos



Respomuso



Ángel Orús



Valdelinares



Cap de Llauset



Bachimaña



Renclusa



# Impact of weather type variability on winter precipitation, temperature and annual snowpack in the Spanish Pyrenees

Samuel T. Buisan<sup>1,\*</sup>, Juan I. López-Moreno<sup>2</sup>, Miguel Angel Saz<sup>3</sup>, John Kochendorfer<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Delegación Territorial de AEMET (Spanish State Meteorological Agency) en Aragón, Paseo del Canal 17, 50007 Zaragoza, Spain

<sup>2</sup>Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC (Spanish Research Council), Campus de Aula Dei, PO Box 202, 50080 Zaragoza, Spain

<sup>3</sup>Departamento de Geografía—Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA) (Department of Geography—Environmental Sciences Institute), Universidad de Zaragoza, C/Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, Spain

<sup>4</sup>National Atmospheric and Oceanic Association, Air Resources Laboratory, Atmospheric Turbulence and Diffusion Division, Oak Ridge, TN 37830, USA

Figura que muestra la correlación del espesor de nieve con diferentes tipos de tiempo en el Pirineo .... Se utilizan los datos del Programa ERHIN

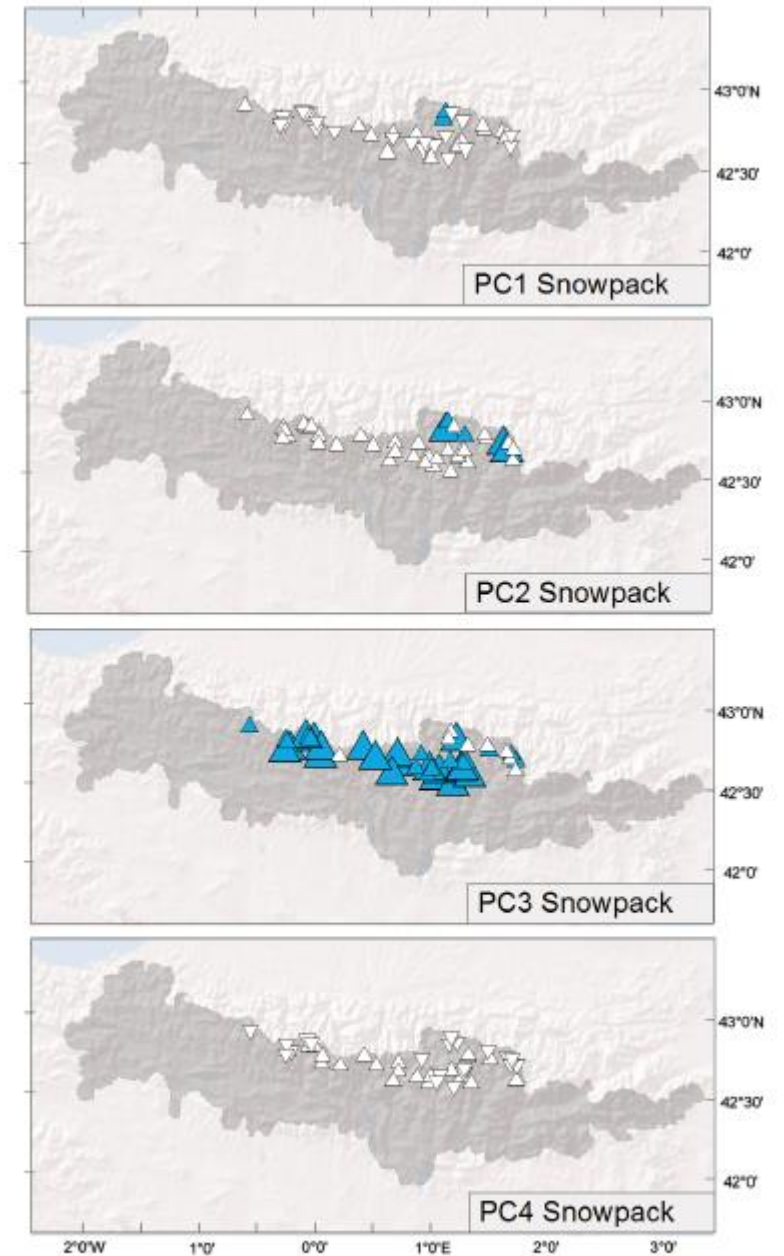


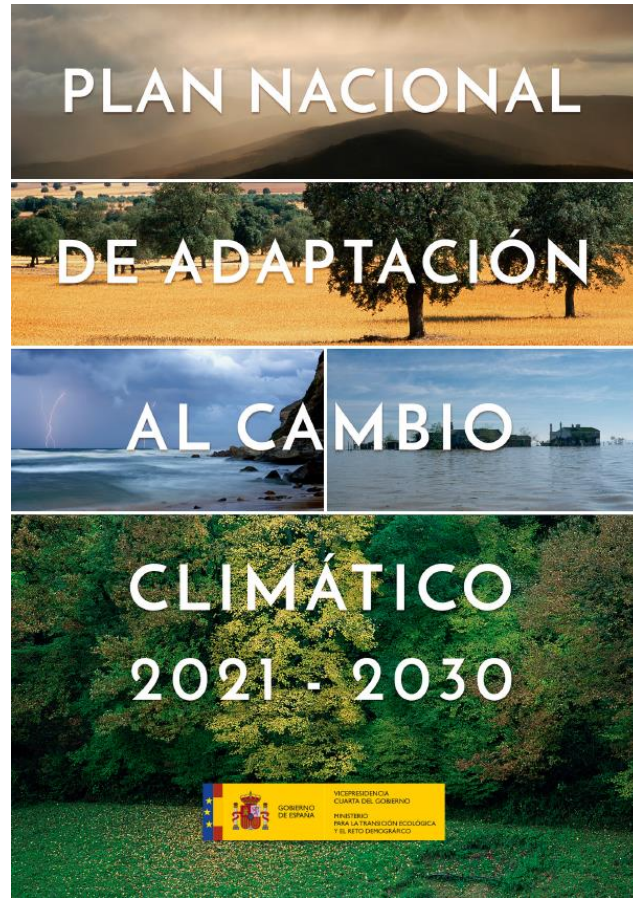
Fig. 6. Spatial distribution of Pearson's correlation coefficient between snow depth and the different principal components (PCs).  $\Delta$ : positive correlation;  $\nabla$ : negative correlation; small blue triangles:  $\alpha < 0.05$ ; large blue triangles:  $\alpha < 0.01$

MARÍA SALAZAR

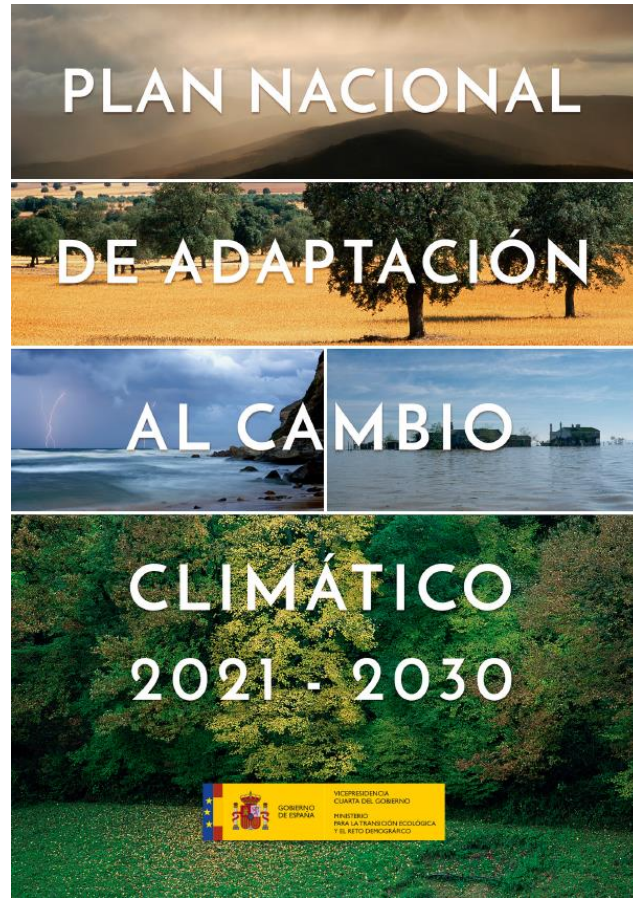




# Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático PNACC 2021-2030



# Agua y recursos hídricos



3.1. Ampliación y actualización del conocimiento sobre los impactos potenciales del cambio climático en la gestión del agua y los recursos hídricos

3.2. Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación hidrológica y la gestión del ciclo integral del agua

3.3. Gestión contingente de los riesgos por sequías integrada en la planificación hidrológica y gestión del agua

3.4. Gestión coordinada y contingente de los riesgos por inundaciones

3.5. Actuaciones de mejora del estado de las masas de agua y de los ecosistemas acuáticos, con incidencia en las aguas subterráneas

3.6. Seguimiento y mejora del conocimiento sobre los efectos observables del cambio climático en las masas de agua y sus usos



# Programa de Trabajo 2021-2025 del PNACC

PROGRAMA DE TRABAJO 2021-2025					3. AGUA Y RECURSOS HÍDRICOS					
Código medida	Medida	Responsables	Colaboradores	Indicador de cumplimiento y meta asociada	CRONOGRAMA					
					2021	2022	2023	2024	2025	Prioridad *
A03.LL.M01	Actualización del estudio de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos y las pesquerías	MITECO (DGA)	CEDEX, MITECO (DRECL), AEMET	Se publica el estudio de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos y las pesquerías, que incluye las proyecciones de las variables hidrológicas según los nuevos modelos del ANE	X	X	X	X	X	A, C, D
A03.LL.M02	Mejora de las evaluaciones de los efectos del cambio climático sobre las inundaciones	MITECO (DGA)	CEDEX, MITECO (DRECL), AEMET	Los estudios sobre los efectos del cambio climático sobre las inundaciones se actualizan y mejoran, conforme a los nuevos modelos del ANE, para su integración en los PGEI	X	X	X	X	X	
A03.LL.M03	Estudio sobre los impactos socioenergéticos e incorporación de sus resultados en la planificación energética	MITECO (DRECL, FB)	MITECO (DGA, SRE), DAE	Se publica el estudio del riesgo socioenergético, que analiza los efectos del cambio climático sobre las demandas hídricas para uso energético, y los requerimientos energéticos de los servicios relacionados con el agua. Los resultados se incluyen en la planificación de la transición energética a través de los sucesivos Planes Nacionales Integrados de Energía y Clima	X	X				A, D
A03.LL.M04	Estudio de los efectos del cambio climático sobre las demandas hídricas para uso agrícola	MITECO (DRECL, FB)	MITECO (DGA), MAPA (SGA)	Se publica el estudio de los efectos del cambio climático sobre las demandas hídricas para uso agrícola	X	X				A, B, D
A03.LL.M05	Estudio sobre los efectos del cambio climático en el ciclo urbano del agua, incluyendo demandas, captación, saneamiento, distribución, saneamiento y depuración	MITECO (DGA)	MITECO (DRECL)	Se publica el estudio sobre los efectos del cambio climático en el ciclo urbano del agua, incluyendo demandas, captación, saneamiento, distribución, saneamiento y depuración	X	X	X			
A03.LL.M06	Estudio sobre los efectos del cambio climático en el estado de las masas de agua y los ecosistemas acuáticos asociados	MITECO (DGA)	CEDEX, MITECO (DRECL)	Se publica el estudio sobre los efectos del cambio climático en el estado de las masas de agua y los ecosistemas acuáticos asociados	X	X	X	X	X	
A03.LL.M07	Elaboración de directrices para el desarrollo de los trabajos de evaluación de riesgos y estrategias de adaptación en las demarcaciones hidrográficas	MITECO (DRECL)	MITECO (DGA)	Las directrices están a disposición de los organismos de cuenca y otros órganos competentes en materia de planificación y gestión del agua, con el fin de orientar los trabajos de evaluación de los riesgos derivados del cambio climático y elaborar estrategias de adaptación a largo plazo encaminadas a la reducción de los riesgos identificados	X	X				A
A03.LL.M08	Revisión de la normativa de aguas para incorporar la evaluación de riesgos y la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión hidrográfica	MITECO (DGA)	MITECO (DRECL)	Se modifica la normativa de aguas (TRIA y reglamento) para incorporar la evaluación de riesgos climáticos y la adopción de medidas de adaptación en la planificación y gestión hidrográfica	X	X	X	X	X	
A03.LL.M09	Elaboración de los planes de adaptación al cambio climático en las demarcaciones hidrográficas	DOCC	MITECO (DGA, DRECL)	Los organismos de cuenca elaboran el plan de adaptación al cambio climático en sus demarcaciones hidrográficas, que incluye la evaluación del riesgo y medidas de adaptación, para reducirlo	X	X	X	X	X	C, D, E
A03.LL.M10	Integración del cambio climático en los planes de sequía	MITECO (DGA), DOCC, FEEL	MITECO (DRECL)	Los planes de sequía integran la variable cambio climático	X	X	X			
A03.LL.M11	Refuerzo y mantenimiento del grupo de PGEI de inundaciones para facilitar la coordinación y mejora continua en la gestión del riesgo de inundaciones	MITECO (DGA)		El grupo de trabajo está plenamente operativo y se reúne regularmente	X	X	X	X	X	
A03.LL.M12	Evaluación, análisis y diagnóstico de la gestión de las eventos de inundación y acciones aprendidas	MIR (DUPCE)	MITECO (DGA), DOCC	Se elaboran informes de evaluación de la efectividad de las medidas de adaptación implementadas y de acciones aprendidas en la gestión del riesgo de inundación	X	X	X	X	X	

Anexo 1. Medidas de los ámbitos de trabajo - 4 - \* Criterios: (A) Efecto clave, (B) Urgencia, (C) Gravedad del riesgo (D) Oportunidad, (E) Compromiso u obligatoriedad, (F) Costo-efectividad

PROGRAMA DE TRABAJO 2021-2025					3. AGUA Y RECURSOS HÍDRICOS					
Código medida	Medida	Responsables	Colaboradores	Indicador de cumplimiento y meta asociada	CRONOGRAMA					
					2021	2022	2023	2024	2025	Prioridad *
A03.LL.M03	Desarrollo de actuaciones de adaptación al riesgo de inundación en sectores e instalaciones clave	MITECO (DGA), DOCC, CCS	ENSA, CGAR, FEEL	Se desarrollan al menos 20 actuaciones en el periodo 2021-2025 para la adaptación al riesgo de inundación en sectores e instalaciones clave (sector agropecuario, sector industrial, instalaciones e infraestructuras, sector salud, servicios y equipamientos asociados)	X	X	X	X	X	C, D, F
A03.LL.M04	Integración del riesgo de inundación en la ordenación territorial y urbanística	MITECO (DGA), CCAA, FEEL		La integración del riesgo de inundación en la ordenación territorial y urbanística se hace efectiva a través del establecimiento de limitaciones a los usos del suelo en zona inundable y de criterios constructivos exigidos a las edificaciones situadas en zona inundable, atendiendo al art. 24.4 TRIA. Se incorporan la cartografía de DPM y zonas inundables a los instrumentos de ordenación urbanística	X	X	X	X	X	
A03.LL.M05	Fomento de la capacitación y participación en la prevención, la adaptación y la participación ciudadana asociada a los planes de gestión del riesgo de inundaciones	MITECO (DGA), DOCC, MIR (DUPCE)		Se desarrollan al menos 3 proyectos piloto de capacitación y participación en comunidades locales sensibles a riesgos asociados por inundaciones	X	X	X	X	X	
A03.LL.M06	Elaboración de una Estrategia Nacional de Comunicación del Riesgo de Inundación y Adaptación al Cambio Climático	MIR (DUPCE), MITECO (DGA)	MITECO (DRECL)	Se elabora e implementa la Estrategia Nacional de Comunicación del riesgo de inundación y adaptación al cambio climático con el fin de incrementar la percepción del riesgo, ampliar la conciencia pública de prevención ante inundaciones y mejorar las estrategias de autoprotección en la población, los agentes sociales y económicos	X	X				
A03.LL.M05	Celebración de jornadas y otras actividades de divulgación y formación para mejorar la percepción y la participación ante el riesgo de inundación	MIR (DUPCE), MITECO (DGA)	MITECO (DRECL)	Se realizan al menos 3 jornadas anuales, dirigidas a los diversos actores sociales y administraciones implicadas en la concienciación pública ante el riesgo de inundaciones, con objeto de incrementar la cultura del riesgo y divulgar las estrategias de autoprotección entre la población, los agentes sociales y económicos	X	X	X	X	X	
A03.LL.M01	Desarrollo de actuaciones orientadas a la mejora del estado de las masas de agua superficiales y de los ecosistemas acuáticos asociados	MITECO (DGA), DOCC		Se ejecutan al menos 80 actuaciones de mejora del estado de las masas de agua superficiales y ecosistemas acuáticos asociados, que incluyen proyectos de restauración fluvial e infraestructuras verdes, de mejora de las condiciones hidromorfológicas de las masas de agua y de soluciones basadas en la naturaleza. Entre actuaciones sobre la mejora de la conectividad fluvial (longitudinal y transversal) y la restauración del bosque de ribera, entre otras	X	X	X	X	X	C, D, F
A03.LL.M02	Desarrollo de actuaciones orientadas a la mejora del estado de las masas de agua subterráneas, su protección y recuperación	MITECO (DGA), DOCC		Se ejecutan al menos 10 proyectos de mejora del estado de las masas de agua subterráneas, su protección y recuperación	X	X	X	X	X	C, D, F
A03.LL.M01	Consolidación de la red de seguimiento de los efectos del cambio climático en las reservas hidrográficas	MITECO (DGA), DOCC		La red de seguimiento de los efectos del cambio climático en las reservas hidrográficas está plenamente operativa y se elaboran informes de seguimiento anualizados	X	X	X	X	X	
A03.LL.M02	Mantenimiento y refuerzo de las redes de seguimiento del estado de las masas de agua	MITECO (DGA), DOCC		Las redes de seguimiento del estado de las masas de agua están plenamente operativas y ofrecen información actualizada sobre el estado ecológico y químico de las aguas superficiales, y el estado cuantitativo y químico de las aguas subterráneas	X	X	X	X	X	
A03.LL.M03	Refuerzo en el control de los usos del agua y su integración en los sistemas automáticos de información hidrográfica (IAH)	MITECO (DGA)		Se incrementa el volumen de agua controlado a través de los IAH	X	X	X	X	X	

Anexo 1. Medidas de los ámbitos de trabajo - 5 - \* Criterios: (A) Efecto clave, (B) Urgencia, (C) Gravedad del riesgo (D) Oportunidad, (E) Compromiso u obligatoriedad, (F) Costo-efectividad

PROGRAMA DE TRABAJO 2021-2025					3. AGUA Y RECURSOS HÍDRICOS					
Código medida	Medida	Responsables	Colaboradores	Indicador de cumplimiento y meta asociada	CRONOGRAMA					
					2021	2022	2023	2024	2025	Prioridad *
A03.LL.M04	Establecimiento y mejora de los sistemas de medida y análisis hidrográfico y de los protocolos de comunicación en situaciones de alerta, y desarrollo del sistema de alerta a la decisión y de un sistema de información hidrográfica integrado con la Red de Alerta Nacional (RAN) de Protección Civil	MITECO (DGA), DOCC	MIR (DUPCE), AEMET	Los roles operativos de información hidrográfica están integrados en la RAN e incorporan un sistema de alerta, un protocolo de comunicación en situaciones de emergencias, y un sistema de ayuda a la decisión	X	X	X	X	X	C, D
A03.LL.M05	Contribución de las redes de seguimiento hidrográfico al Sistema de Observación Nacional del Clima y contribuyen al Sistema Mundial de Observación del Clima Global Climate Observing System (GCOS)	MITECO (DGA), AEMET	MITECO (DRECL)	Las redes de seguimiento hidrográfico alimentan el Sistema de Observación Nacional del Clima y contribuyen al Sistema Mundial de Observación del Clima Global Climate Observing System (GCOS)	X	X	X	X	X	

Anexo 1. Medidas de los ámbitos de trabajo - 6 - \* Criterios: (A) Efecto clave, (B) Urgencia, (C) Gravedad del riesgo (D) Oportunidad, (E) Compromiso u obligatoriedad, (F) Costo-efectividad

# JUSTO MORA

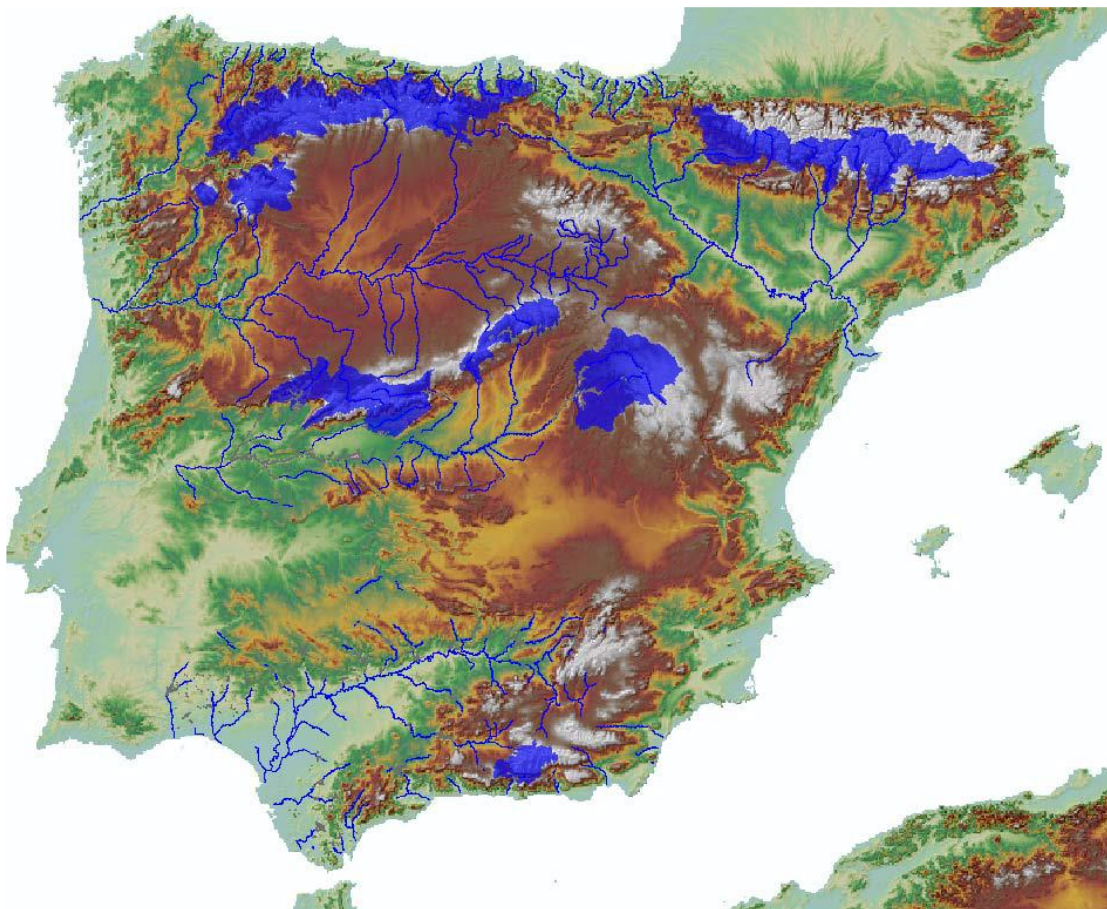




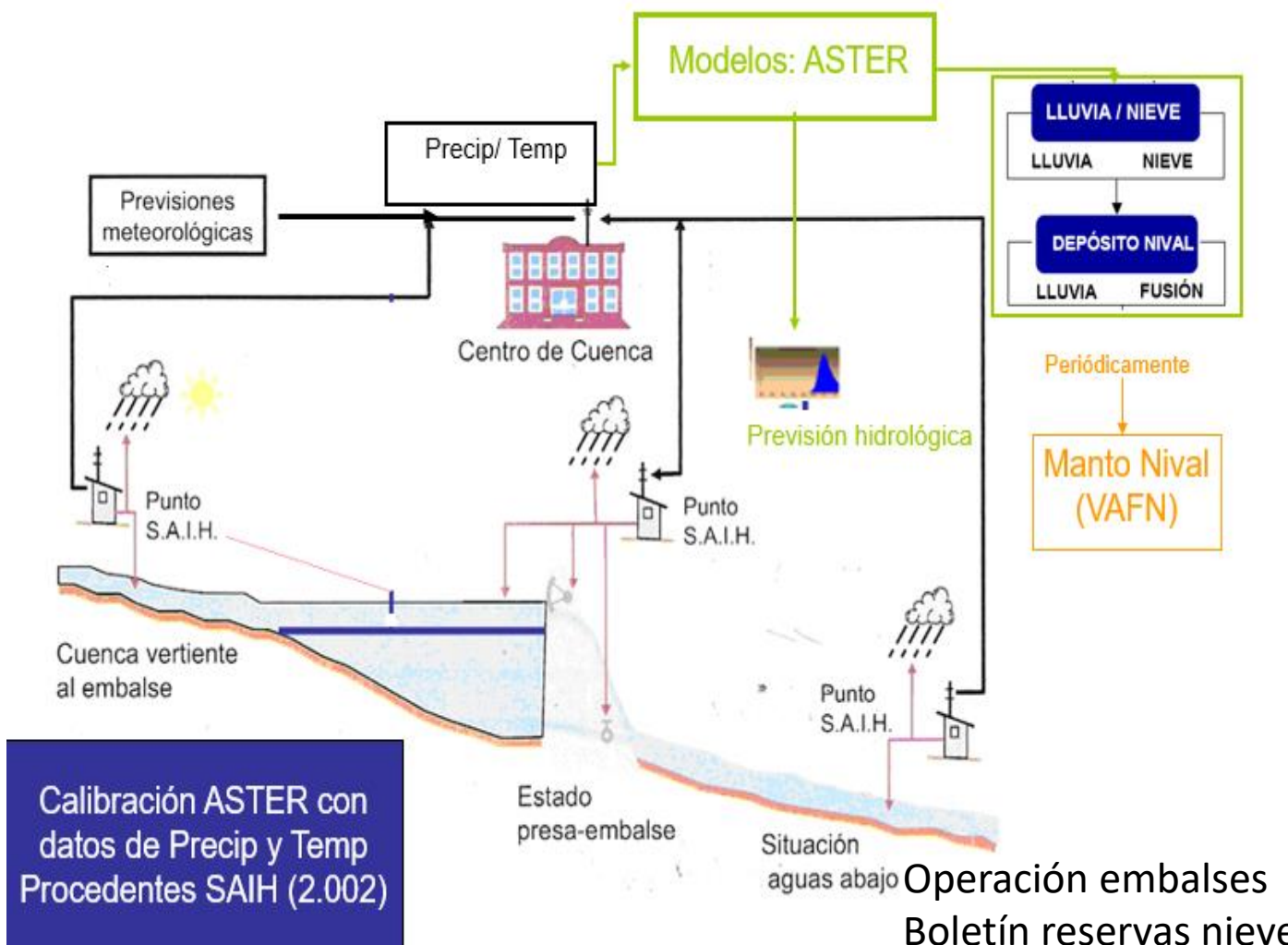
# Avances e innovaciones periodo 2001-2006

## Delimitación Zonas ERHIN

Presencia nieve hidrológicamente significativa



Integración SAIH-ERHIN: implantación ASTER en cada zona ERHIN, calibrado con los datos SAIH Pr y Temp.





# Líneas Actuación Gestión Fenómeno Nival y Cambio Climático

## Efectos de la nieve sobre el régimen hidrológico y la planificación

**Efectos de los Procesos de Acumulación/Fusión de Nieve en Terrenos Permeables sobre la Infiltración y Régimen de Caudales. Alto Tajo:** Tesis Doctoral UPM junio 2015

**Procesos de Acumulación/Fusión de Nieve y su Incidencia en el Régimen de Caudales. Efectos sobre Planificación Hidrológica :** Congreso Hispano – Luso sobre las Aguas Subterráneas en el Segundo Ciclo de Planificación Hidrológica. MADRID nov 2016

### Modelización ASTER/ERHIN apoyo a la gestión de embalses (avenidas con fusión nieve)

**Real-Time Data and Flood Forecasting in Tagus Basin. A Case Study: Rosarito and El Burguillo Reservoirs from 8th to 12th March, 2018.** Publicado en Water (MDPI) 1 abril 2020 <https://doi.org/10.3390/w12041004>

### Efectos del Cambio Climático sobre la criosfera: régimen hidrológico en Zonas ERHIN

**Influence of snow melting recharge and river management at mediterranean river basins: alto Tajo case of study.** 46 th International Association Hydrogeology (IAH) Congress. Málaga septiembre 2019

**Incidencia del Cambio Climático sobre la Nivología de las Cabeceras de las Cuencas de Montaña y Efectos sobre su Régimen Hidrológico: el caso del Alto Tajo.** XII Jornadas Españolas de Presas (SPANCOLD) Las Palmas de Gran Canaria 28 septiembre 2021



EDUARDO  
LASTRADA

