



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

ENTRE RIOS ANDA EL JUEGO



Programa ERHIN

**Evaluación de los Recursos Hídricos
Procedentes de la Innivación
PROGRAMA ERHIN**

Fernando Pastor Argüello
Jefe de Área de Coordinación Exterior
Subdirección General de Planificación y
Uso Sostenible del Agua
Dirección General del Agua



INTRODUCCIÓN

1. EL PROGRAMA ERHIN
2. LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA
 - a) RED DE PERTIGAS
 - b) RED DE TELENIVÓMETROS
3. EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. EL MODELO ASTER
4. LOS GLACIARES ESPAÑOLES. EVOLUCIÓN RECIENTE Y SITUACIÓN ACTUAL



EL PROGRAMA ERHIN

Primeros estudios, realizados en 1981 por el INEGLA sobre los glaciares activos del Pirineo español con el fin de conocer la situación e importancia de los distintos glaciares existentes.

El estudio Permitió fijar con precisión LA UBICACIÓN Y DIMENSIONES de los distintos GLACIARES.

Se midieron los Glaciares más extensos (Aneto, Maladeta y Monte Perdido) y se CUBICARON LOS CAUDALES LÍQUIDOS derivados en el estiaje → BAJA INCIDENCIA DE LAS AGUAS DERIVADAS DE LA FUSIÓN GLACIAR → LO IMPORTANTE ES LA FUSIÓN NIVAL

En 1984, La DGOH inicia los nuevos proyectos con el propósito de estudiar el fenómeno nival:

IMPLANTACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL

DEFINICIÓN DE CUENCAS PILOTO

GLACIOLOGÍA



GLACIAR DEL ANETO-MALADETA
(PIRINEO)

NIVOLOGÍA



ESLA (DUERO)



EL PROGRAMA ERHIN

Evolución de la cubierta nival y de los caudales fluyentes procedentes de la fusión → **GESTIÓN ÓPTIMA DE LOS RECURSOS DISPONIBLES.**

La incorporación a la red fluvial de estos recursos hídricos se produce de dos modos fundamentales:

- 1.- La precipitación alcanza valores significativos durante el invierno, que conducen a espesores de nieve persistentes significativos y a la fusión de esta nieve en primavera, que se va incorporando paulatinamente a los Embalses en modo de Escorrentía → **SITUACIÓN ORDINARIA DE REGULACION**
- 2.- En situaciones climatológicas muy concretas con aumento rápido de la temperatura, combinado con lluvias, puede producirse una fusión importante de la nieve en periodos cortos de tiempo, dando lugar a elevados caudales en los cauces fluviales (avenidas).



EL PROGRAMA ERHIN

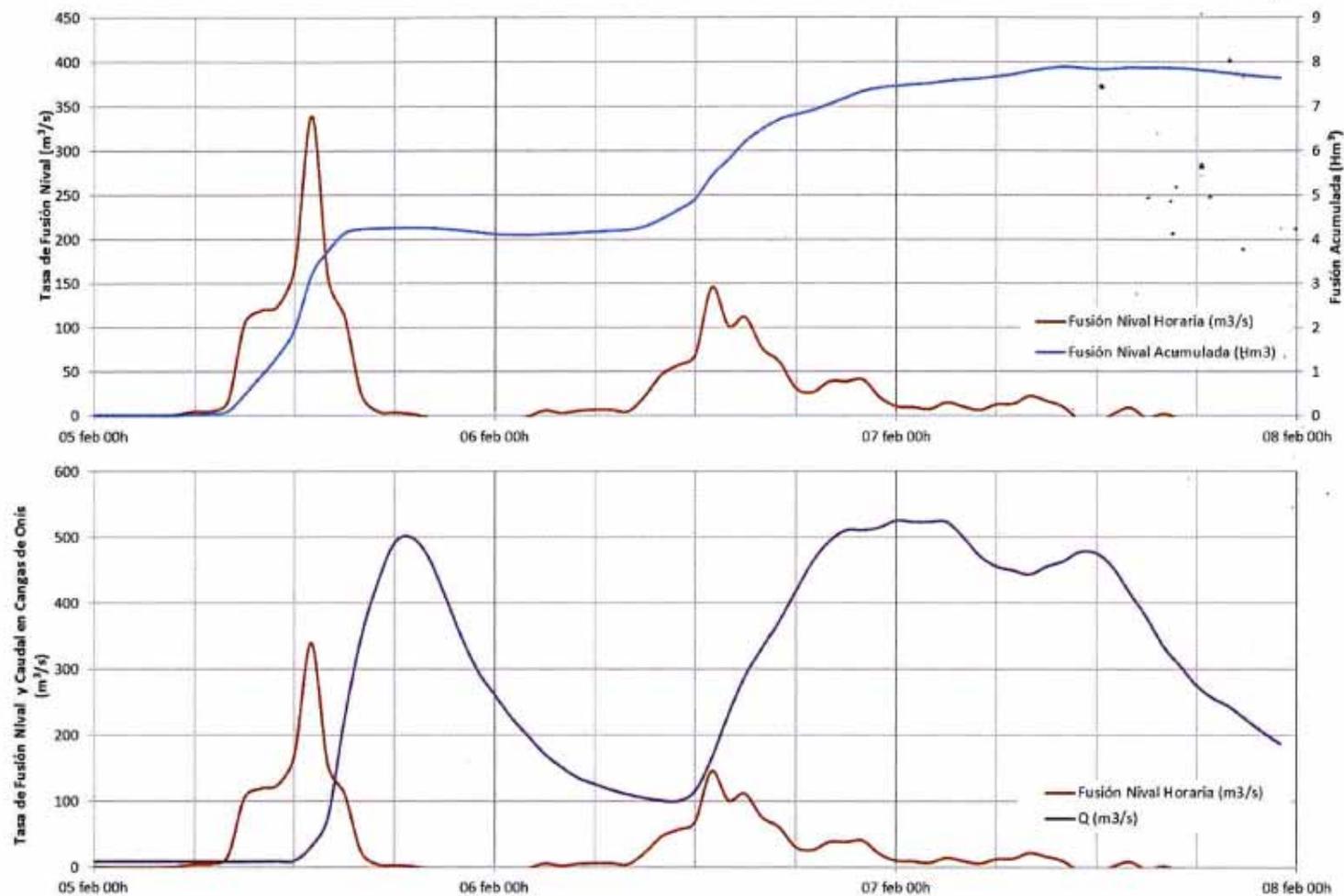
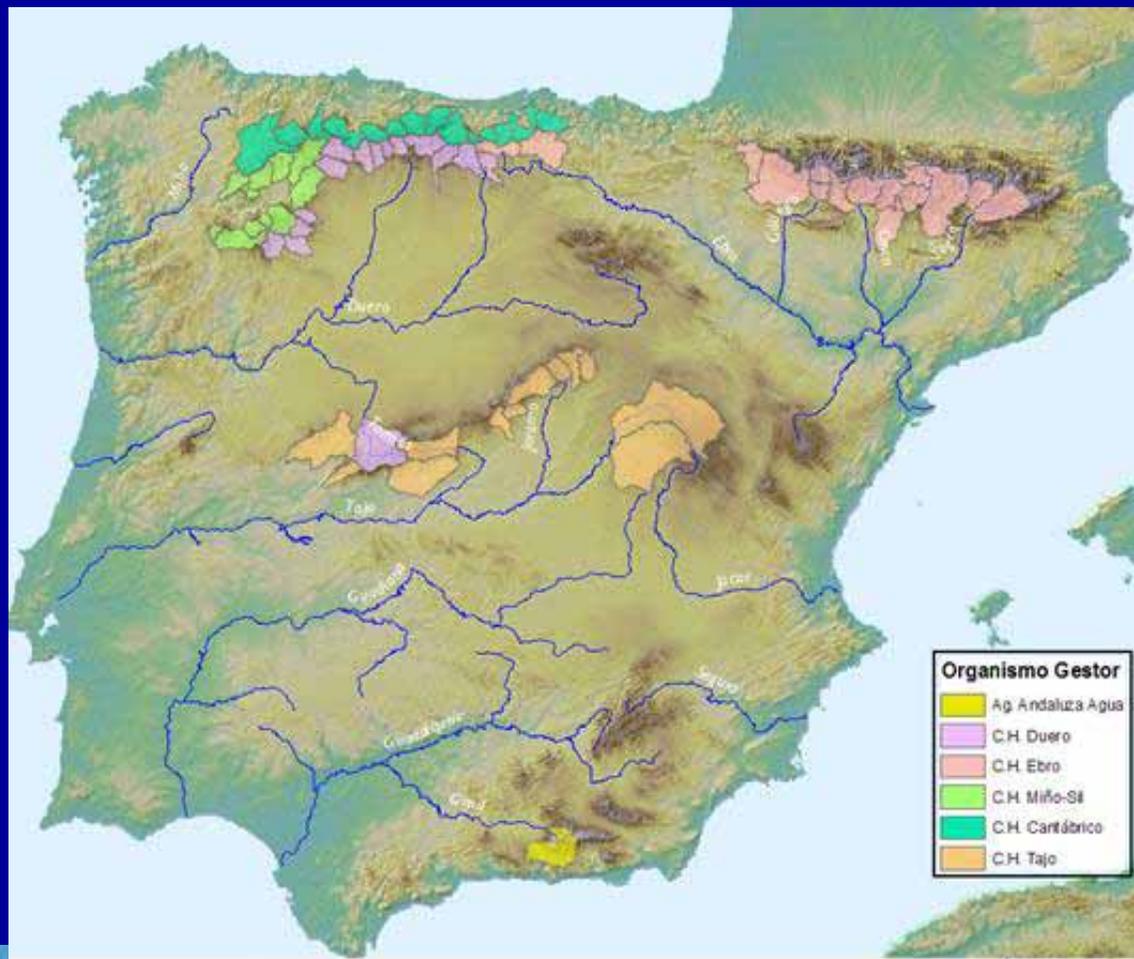


Figura 6: Evolución de la tasa de fusión simulada en la cuenca del Sella e hidrograma del río Sella en Cangas de Onís



AREAS de ESTUDIO



Las condiciones meteorológicas, geográficas y geomorfológicas de las áreas montañosas españolas, hacen que el fenómeno nival se presente con cierta importancia los períodos del año hidrológico **DICIEMBRE-MAYO**, con una gran variabilidad espacio temporal.

Organismo Gestor de Cuenca	Superficie actualmente modelizada (km ²)
Conf. Hidrográfica Ebro	12.840,8
Conf. Hidrográfica Tajo	14.939,4
Conf. Hidrográfica Duero	7.243,4
Conf. Hidrográfica Cantábrico	7.217,7
Conf. Hidrográfica Miño-Sil	4.912,6
Conf. H. Guadalquivir/AAA	1.252,5
Total:	48.406,4



La red de Pértigas

Las pértigas son elementos prefabricados:

1. Base de hormigón de sección cuadrada de 1 m de lado y 15 cm de espesor.
2. Empotrada una ménsula con la serie blanco-verde-amarillo- rojo cada 50 cm.
3. $h = 3$ ó 4 m.
4. La base de la pértiga va insertada en el suelo
5. La Banda blanca coincide con la rasante del terreno → Nivel Cero



La lectura de espesores se efectuará mediante aproximación del helicóptero.

El espesor de nieve se establece por diferencia:

Espesor = (Longitud total - La longitud al descubierta de nieve)





Cálculo Densidad Media de la Capa de Nieve

Extracción de testigos aproximadamente en el 10% de las pértigas

Los sondeos deben llegar hasta el terreno

3 Sondeos por punto de control → valores parecidos y mismo rango de error.

Equipo de trabajo.

Tubos toma muestras apilable de 1 m de longitud y sección constante.

Balanza con apreciación de 25 g para pesar cada uno de los tubos que contienen la muestra extraída del manto nivoso.

Estructura de madera sobre la que se coloca la balanza y sobre ésta el tubo de sondeo.

$$\text{Densidad} = (\text{Peso neto} / \text{Volumen ocupado})$$





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

Campañas de medición en campo. Registro del espesor nival, densidad y la presión atmosférica.





GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA



Evaluación de los recursos nivales mediante campaña de medición en campo y teledetección.

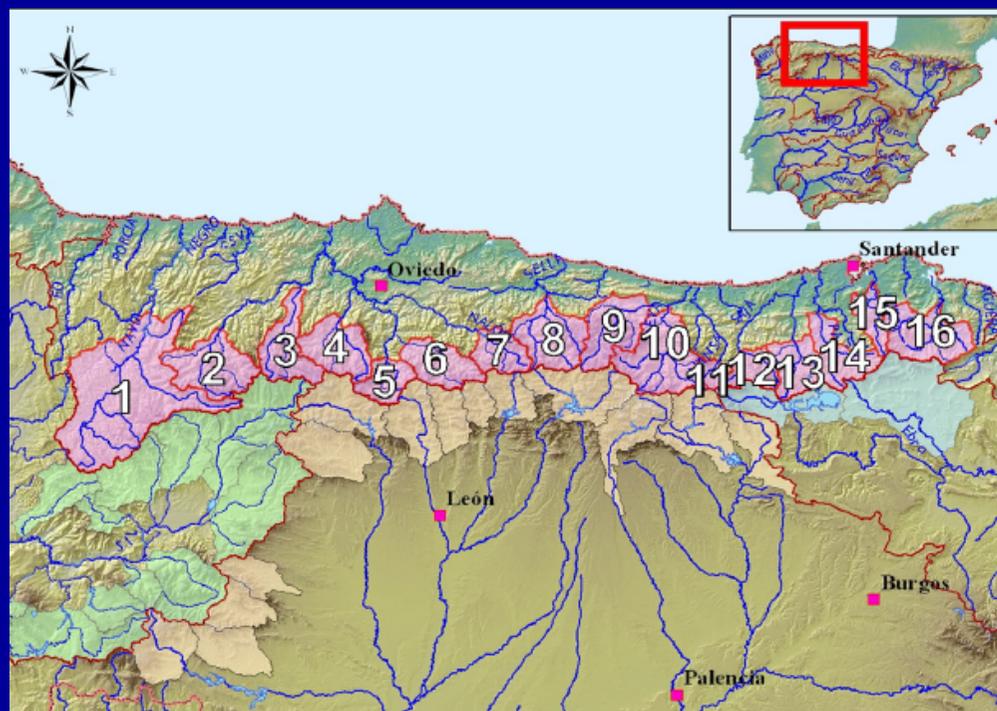


Confederación Hidrográfica del Cantábrico

12-13 de marzo de 2012

Datos provisionales sujetos a revisión

NPD: 299-12-055-7





LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

Cuenca	Superficie (km ²)	Superficie Innivada (km ²)	% Superficie Innivada	Densidad relativa media (%)	Volumen de agua en forma de nieve (hm ³)
1 Navia	1.770,6	0,0	0,0	ND	0,0
2 Narcea	531,9	18,2	3,4	0,5	1,7
3 Pigüenza	404,1	73,1	18,1	0,5	9,5
4 Trubia	418,7	48,5	11,6	0,5	15,1
5 Caudal	234,9	45,2	19,2	0,5	15,0
6 Aller	356,5	69,9	19,6	0,5	19,2
7 Nalón	284,3	49,1	18,6	0,5	11,3
8 Sella	480,8	85,9	17,9	0,5	28,0
9 Cares	454,9	122,0	26,8	0,5	52,6
10 Deva	643,3	103,4	16,1	0,5	34,6
11 Nansa	90,0	35,3	39,3	0,5	5,8
12 Saja	206,9	35,9	17,4	0,5	5,5
13 Besaya	305,7	0,5	0,2	0,5	0,1
14 Pas	355,5	7,3	2,1	0,5	0,3
15 Miera	205,5	7,1	3,5	0,5	0,3
16 Asón	494,2	14,3	2,9	0,5	0,9
Resto Cuenca Cantábrico	11.731,1	ND	ND	ND	ND
Total	18.948,8	715,9	3,8	0,5	200,0

ND. = DATO NO DISPONIBLE

VAFN = VOLUMEN DE AGUA ACUMULADO EN FORMA DE NIEVE

Fuente de información:

Modelo hidrológico ASTER

- Mediciones de campo
- Imagen satélite



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

EL TELENIVÓMETRO:

FUNDAMENTO → Absorción de rayos cósmicos

REGISTRA: forma continua, ESPESOR Y DENSIDAD → Permiten conocer el VAFN

INSTALACIÓN:

Entorno despejado y libre de cualquier tipo de obstáculos,
Zona con bajo riesgo de aludes,
Altitud de 1700-2800 msnm
una superficie pendiente aconsejable entre un 2-3%.



TRASMISIÓN → una vez al día.

VALIDACIÓN Pueden haber estado afectados por:

Problemas atmosféricos (rachas de vientos, tormentas y rayos).

Paso de personas o animales por el entorno del sensor.

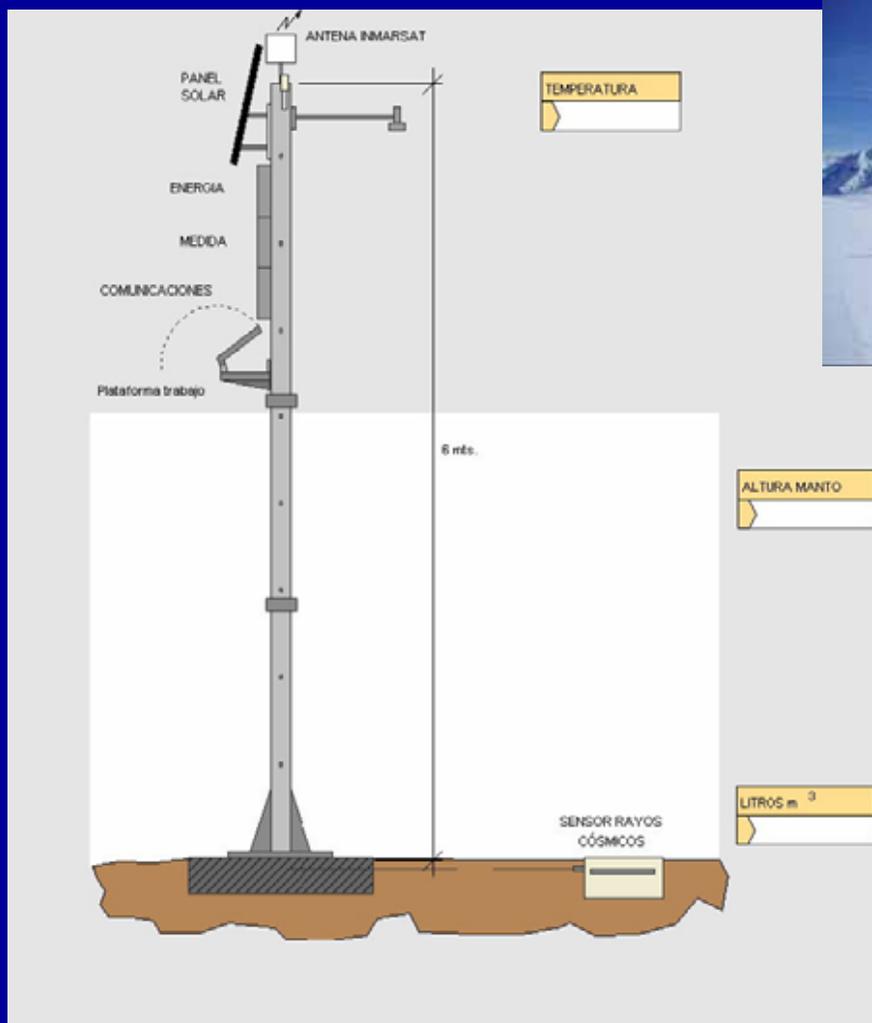
Problemas en la recepción de los datos **del telenivómetro de referencia.**



GOBIERNO DE ESPAÑA

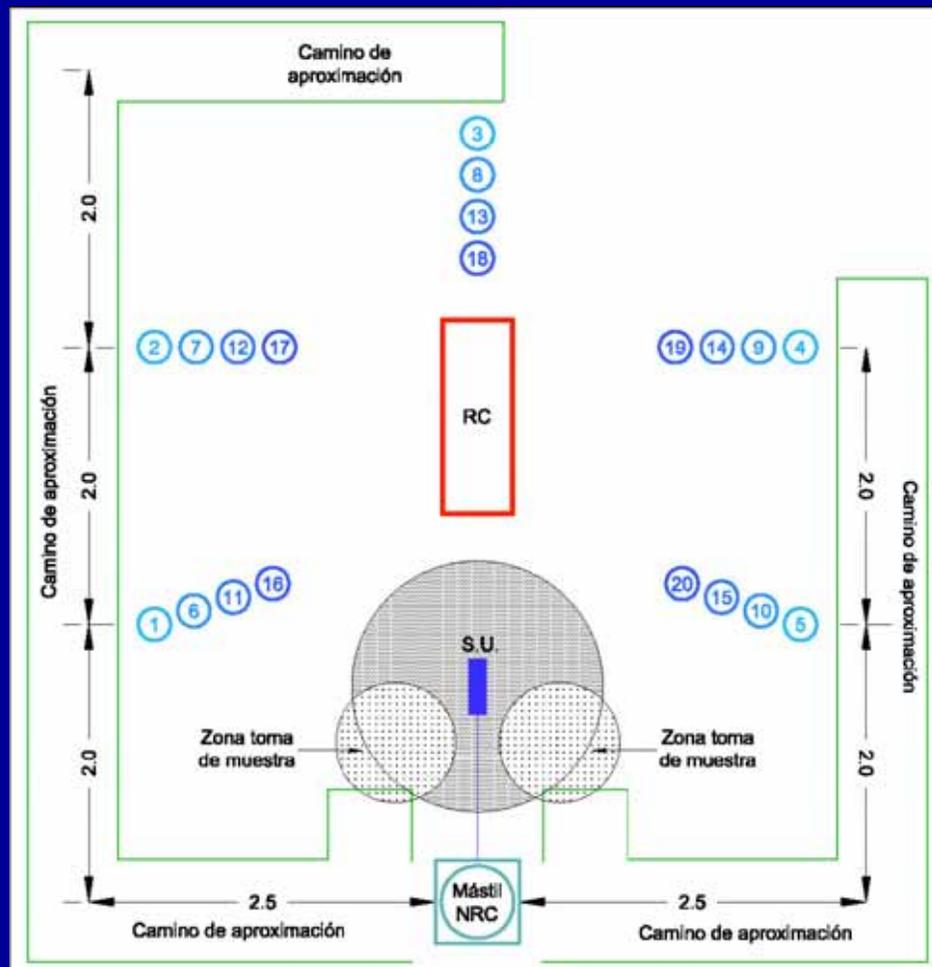
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA





CALIBRACIÓN DE TELENIVÓMETROS



La ejecución en cada medición nival de ***cinco sondeos*** alrededor de la caja de rayos cósmicos del TN.

Medida del espesor de nieve justo debajo del sensor de infrarrojos que mide el espesor.

Medida de la presión atmosférica, utilizando para ello un barómetro de precisión

Trabajo de gabinete:
Comprobación de discrepancias y similitudes entre las medidas in situ y los resultados proporcionados por los TN, permitiendo el calibrado



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

Elaboración de informes para el ajuste y calibración del instrumental de medida en los tnv.

			
CLAVE: 21.803.8156411			
TIPO ESTUDIO	REF. CRONOLOGICA	Abril 2011	
CLASE	ASISTENCIA TÉCNICA		
TÍTULO BÁSICO: SERVICIOS PARA EL ESTUDIO DE LA CUANTIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PROCEDENTES DE LA FUSIÓN NEVAL Y SU INFLUENCIA SOBRE EL MEDIO AMBIENTE EN LAS PRINCIPALES CORDILLERAS ESPAÑOLAS (PROGRAMA ERHIN 2009-2011)			
INFORME			
3ª MEDICIÓN NEVAL 2011 EBRRO. CALIBRACIÓN DE TELÉVÓMETROS C.H.E.			
DIRECTOR DEL ESTUDIO	D. FERNANDO PASTOR ARQUELLO		
EMPRESA CONSULTORA	 Ingeniería 78, S.A.		



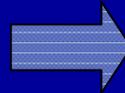


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

Mantenimiento de la red de telenivómetros



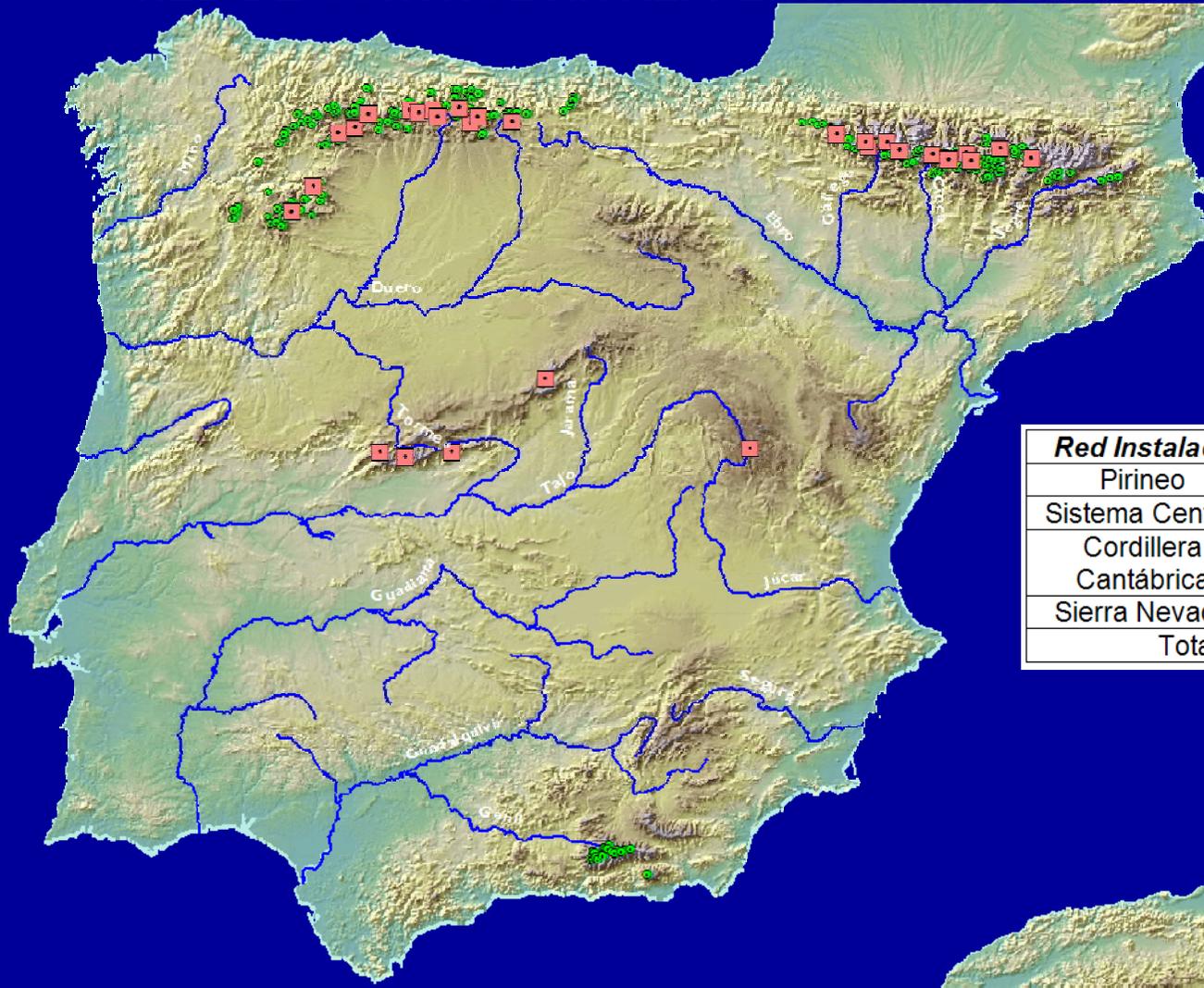


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

RED DE CONTROL NIVAL: PÉRTIGAS Y TELENIVÓMETROS



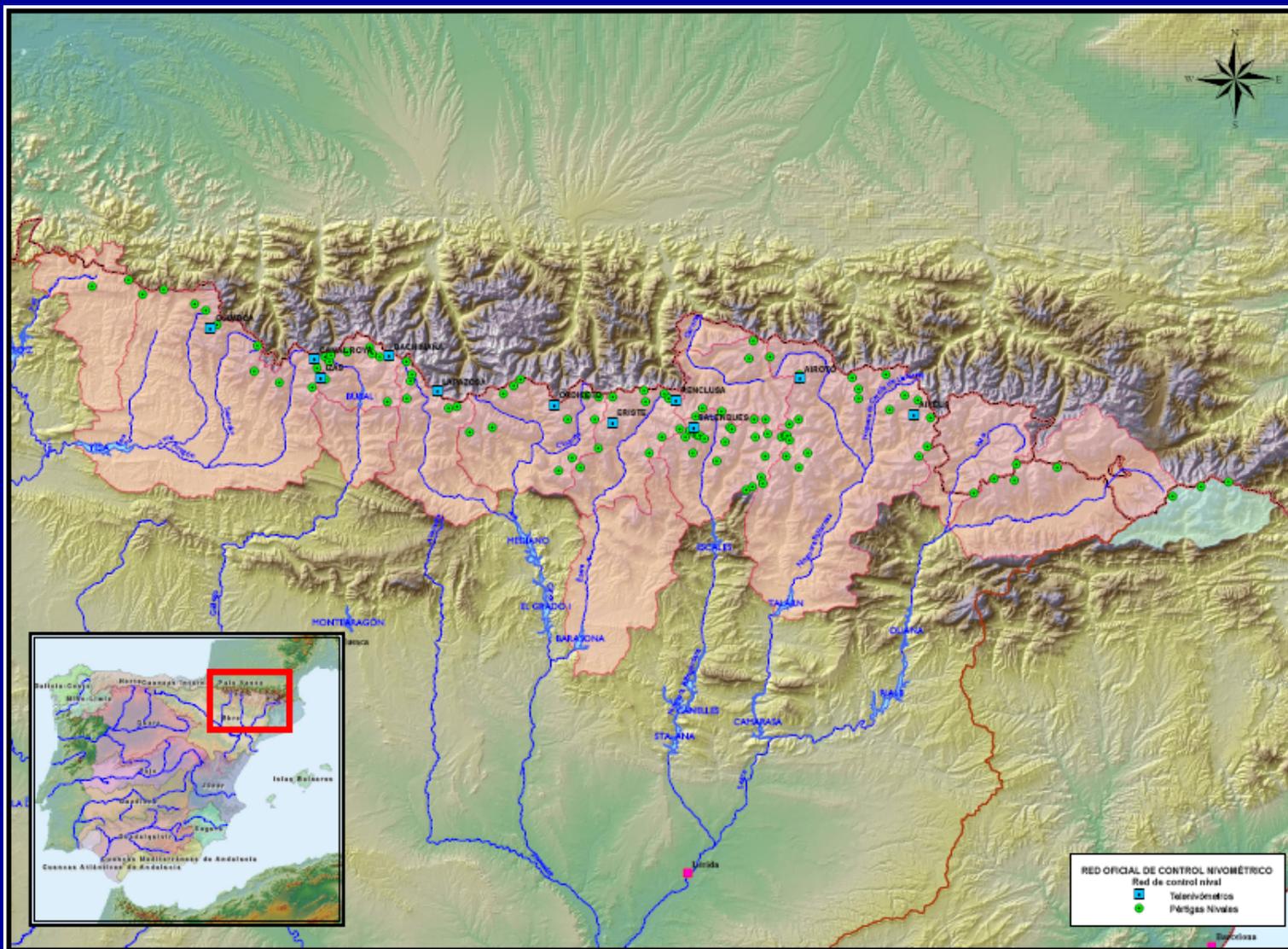
<i>Red Instalada</i>	<i>Pértigas</i>	<i>Telenivómetros</i>
Pirineo	116	11
Sistema Central		5
Cordillera Cantábrica	127	12
Sierra Nevada	21	
Totales	264	28



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

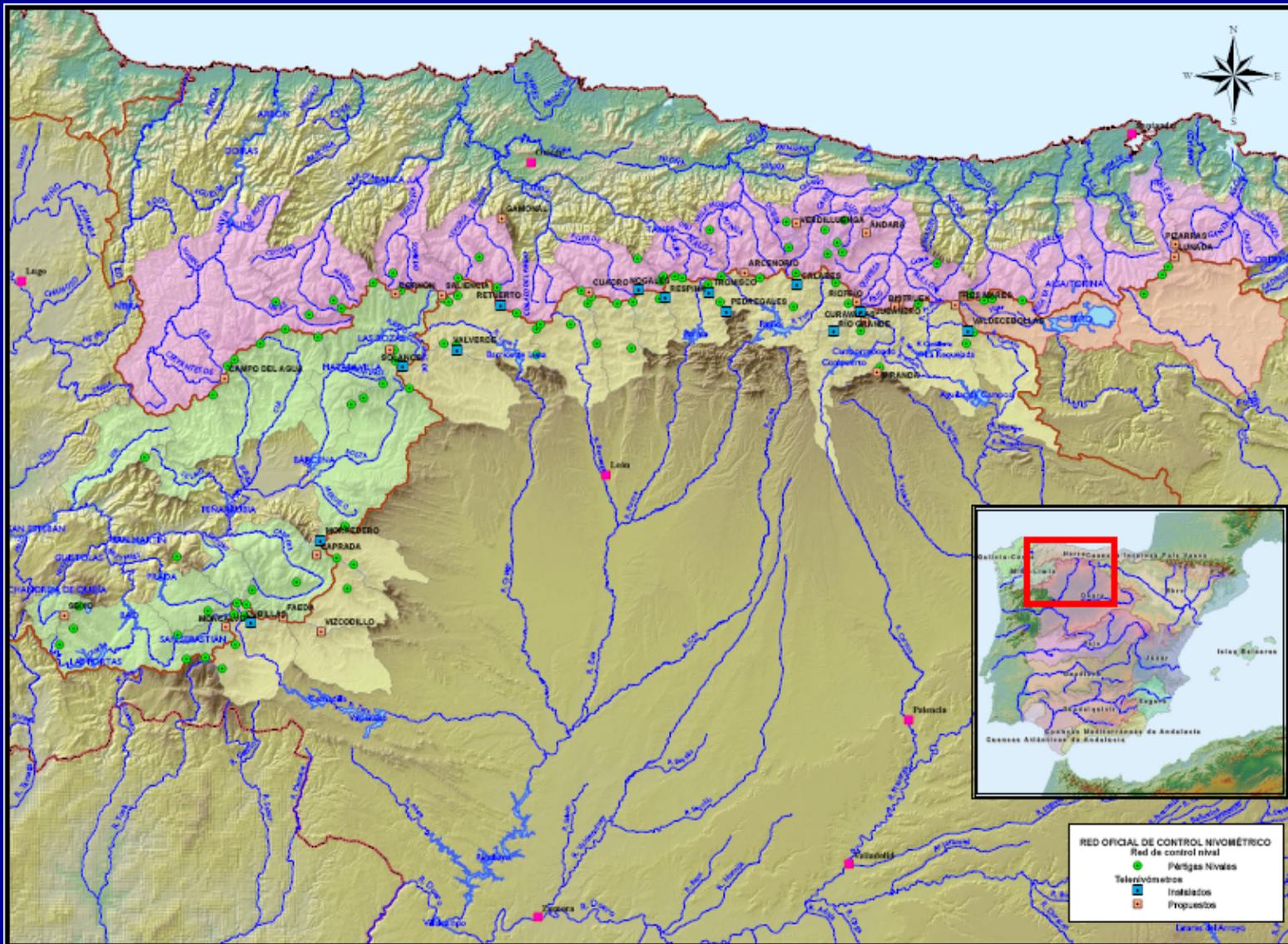




GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

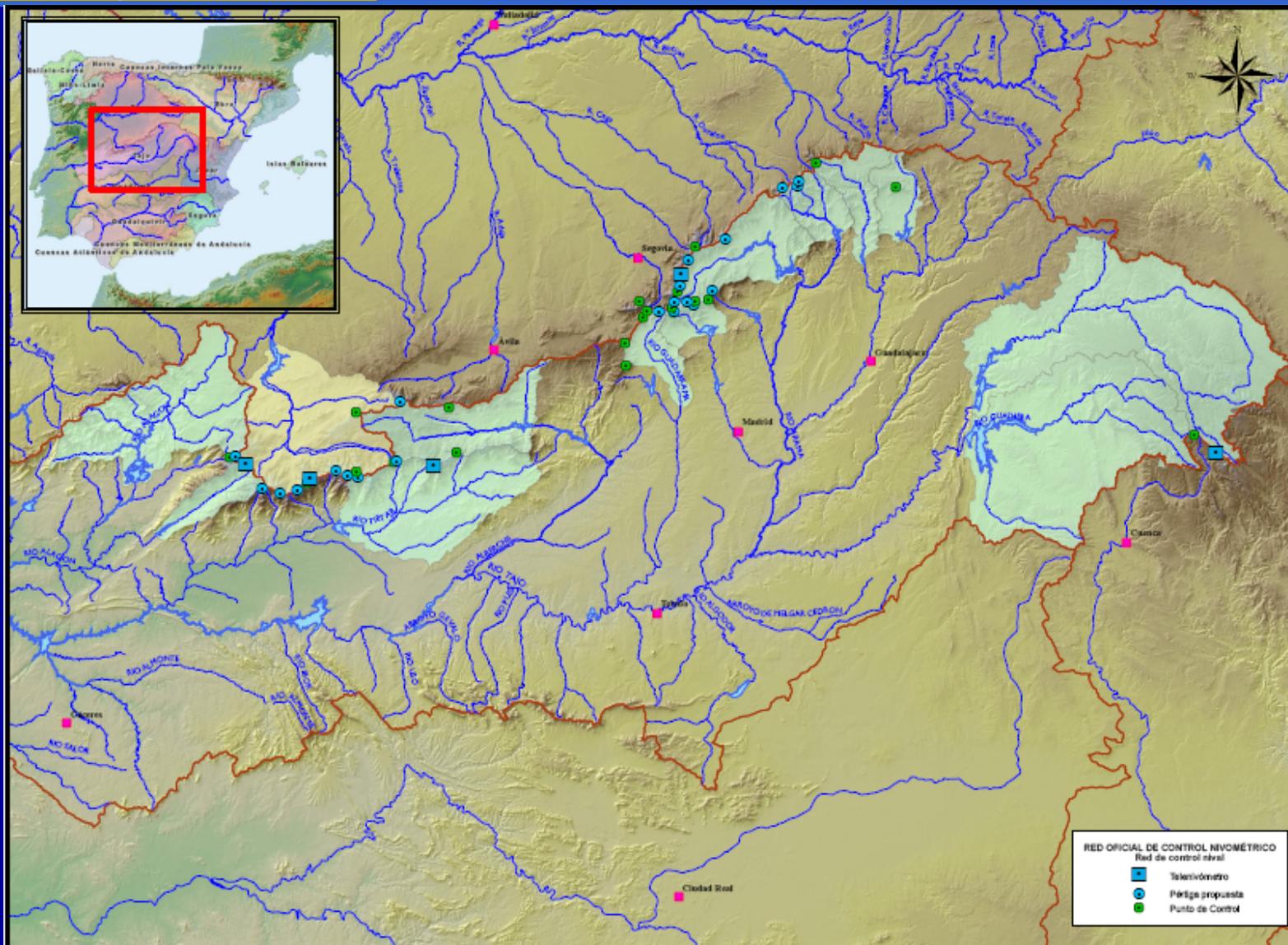




GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

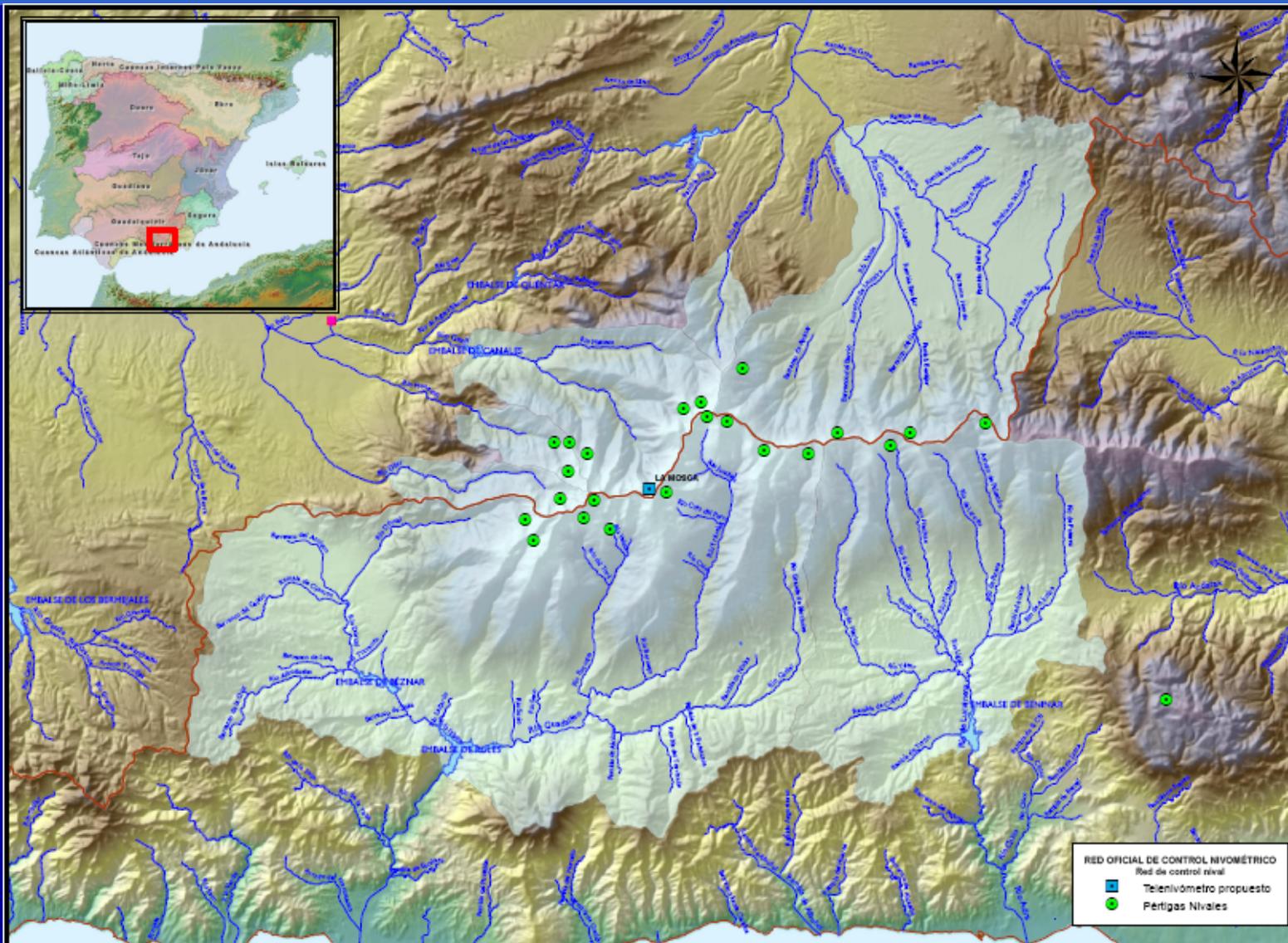




GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA





GOBIERNO
DE ESPAÑA

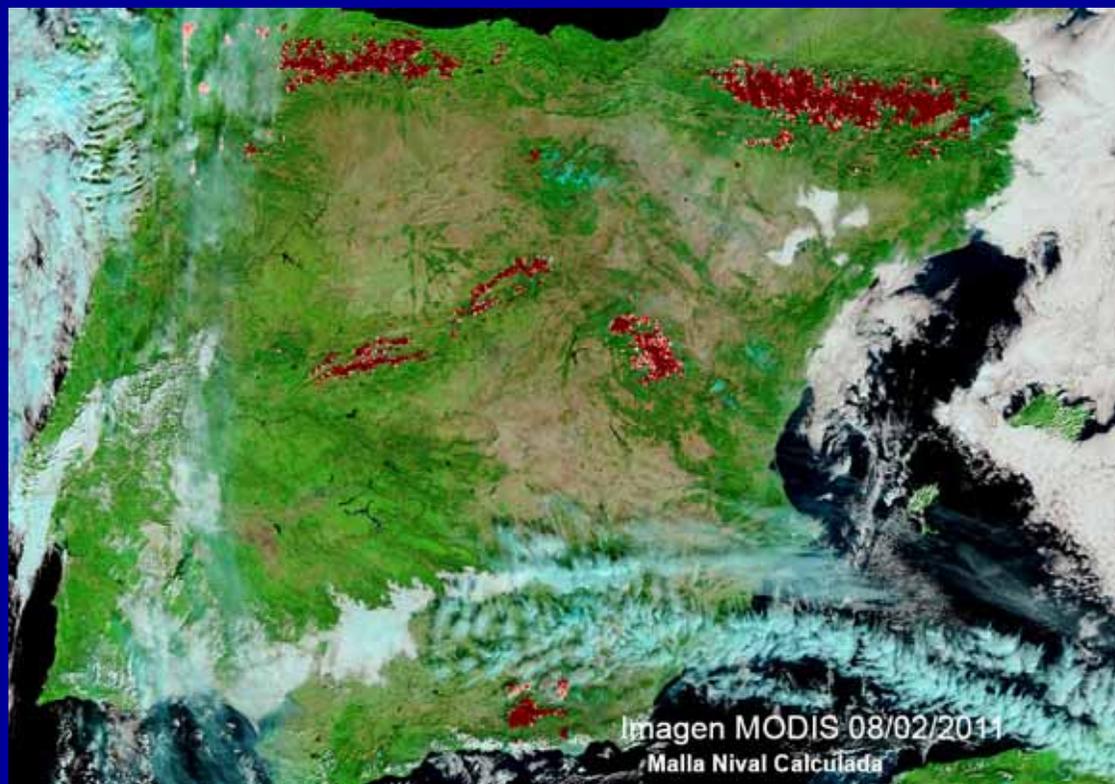
MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

Para extraer la superficie de nieve por cotas se cruza la información vectorial obtenida de las imágenes MODIS con el Modelo Digital del Terreno.

Lógicamente, el porcentaje de superficie cubierta por la nieve comienza siendo relativamente bajo en los límites del área innivada, aumentando rápidamente con la cota.

Esto permite definir el límite entre la superficie innivada y aquella que no lo está, así como obtener la cota media de comienzo de nieve para la cuenca.





GOBIERNO DE ESPAÑA

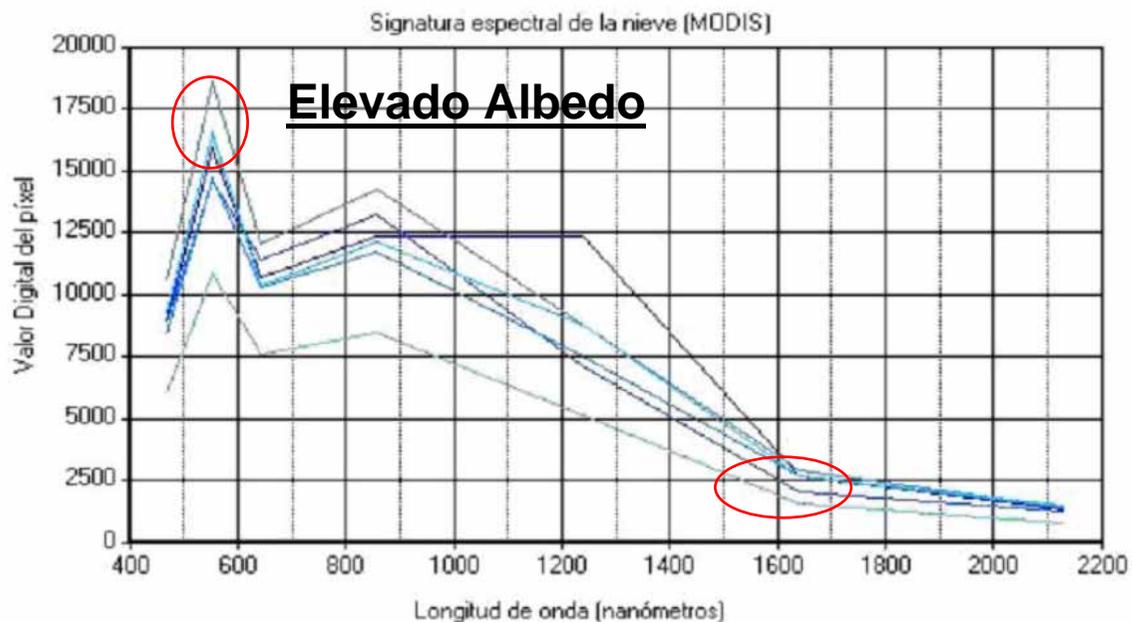
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

CAMPAÑAS DE MEDICIÓN NIVAL. ANÁLISIS DE TELEDETECCIÓN

Espectro visible	IR Cercano	IR Medio	IR Lejano Térmico	Micro-ondas
0,4 – 0,7 μm	0,7 – 1,3 μm	1,3 – 8 μm	8 – 14 μm	>1 mm

Bandas espectrales usadas en la cubierta nival



Valores digitales de los píxeles extraídos de una imagen Terra-MODIS



Algoritmos de nieve y nubes usados por MODIS:

Utiliza las bandas de MODIS #1, #2, #4, #6, además de las bandas térmicas, #31 y #32.

El principal test para la nieve es el índice de nieve normalizado (NDSI)

$$NDSI_{MODIS} = \frac{(\#4) - (\#6)}{(\#4) + (\#6)}$$

Aprovechando la propiedad de la nieve que difiere de la mayoría de superficies:

Alta reflectancia en el visible (banda #4 en MODIS) y
Baja en el infrarrojo cercano (banda #6)

El NDSI permite detectar la nieve caracterizada por tener un alto valor del índice.



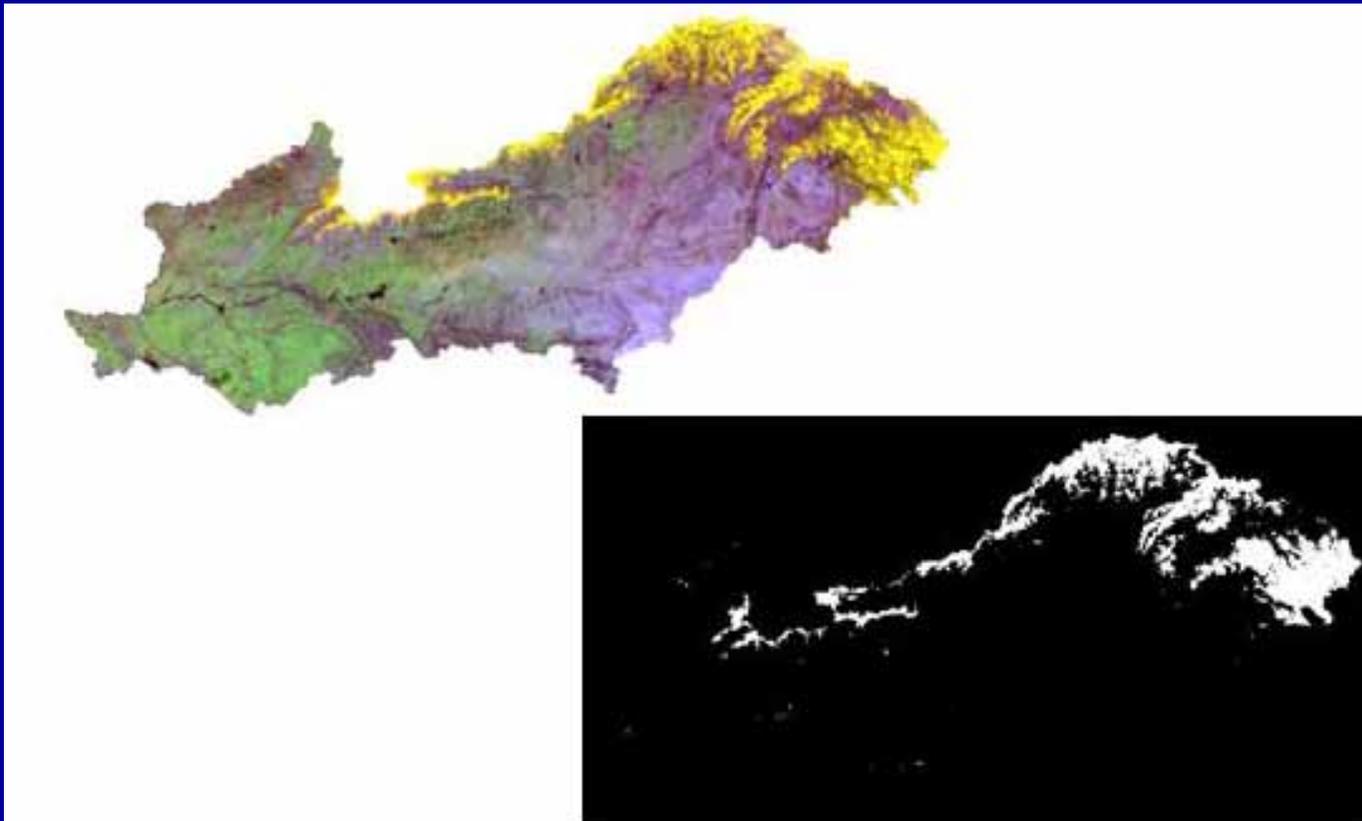


GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

Resultado de aplicar el algoritmo anterior se obtiene una imagen ráster del NDSI con información de la nieve que será la base para obtener el mapa vectorial de la extensión de la capa de nieve.



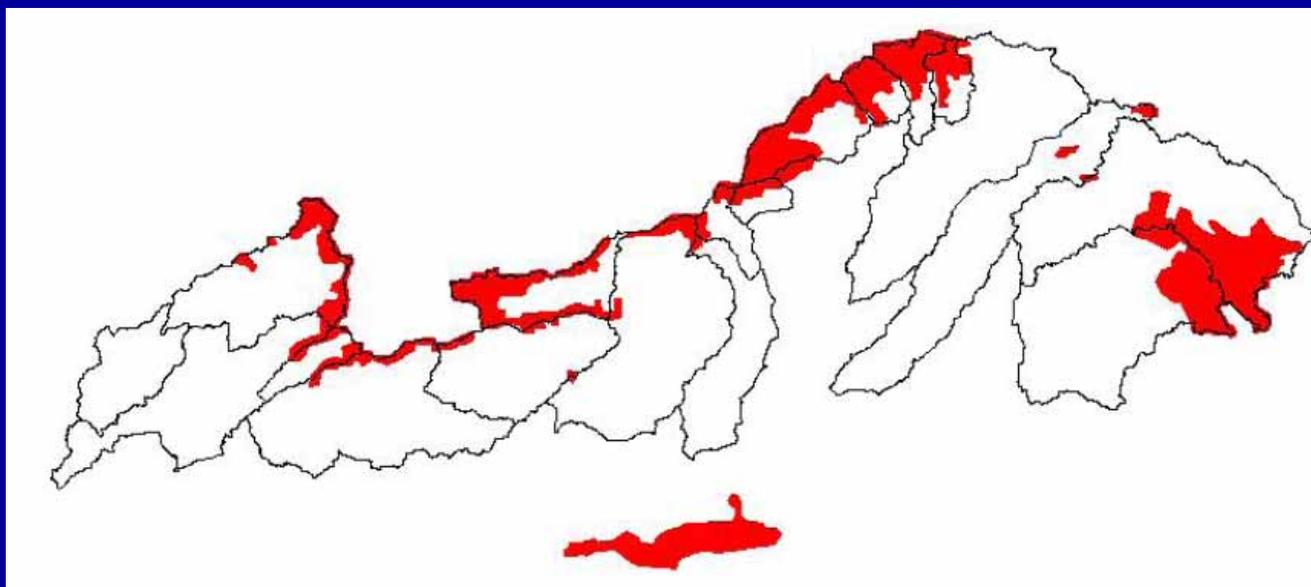


GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

Resultado → fichero vectorial, en formato shapefile de ArcView (shp) de la extensión de la masa de nieve en ese día.



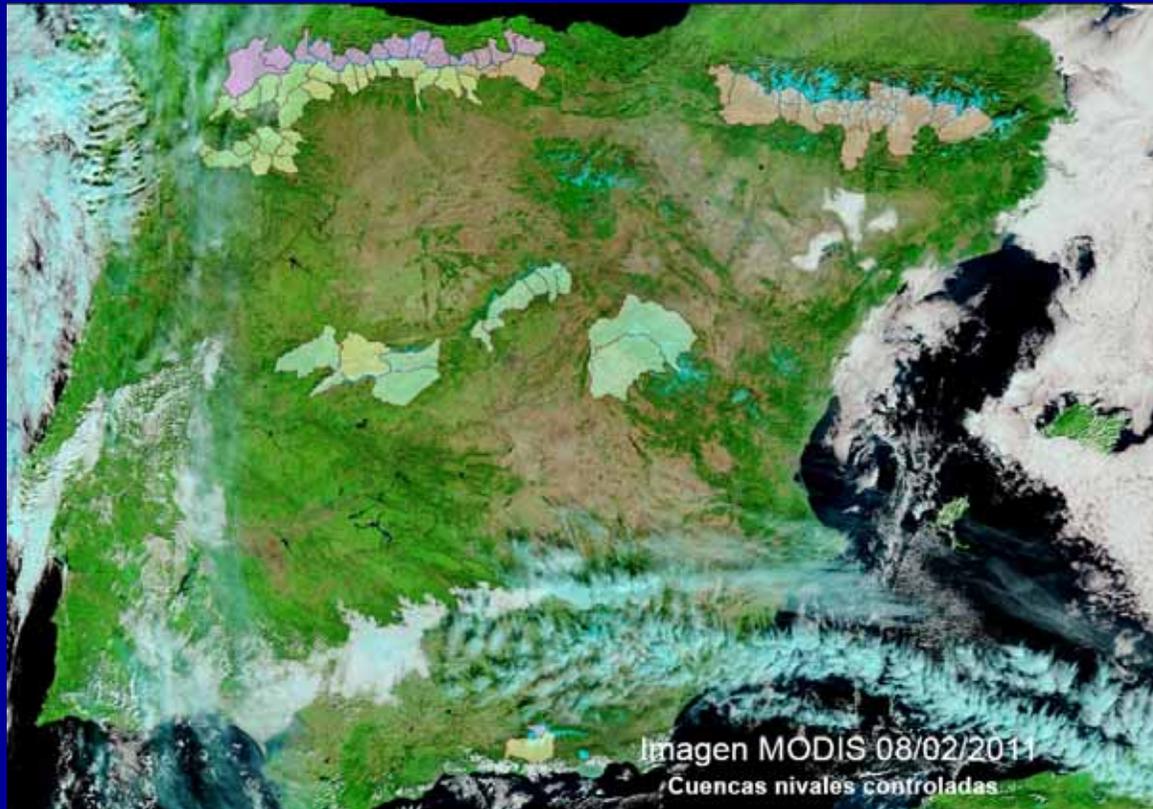


GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA

Una vez digitalizada la extensión de la cubierta de nieve, se calcula la superficie para cada subcuenca .





GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

LA NIEVE EN LAS CORDILLERAS DE ESPAÑA



Medida de la cubierta nival mediante teledetección



Confederación Hidrográfica del Cantábrico

18 de febrero de 2012

Datos provisionales sujetos a revisión

RPD: 205-13-655-7

Cuenca	Superficie (km ²)	Superficie Innivada (km ²)	% Superficie Innivada	Densidad relativa media (%)	Volumen de agua en forma de nieve (hm ³)
1 Navia	1.770,6	150,9	8,5	ND	ND
2 Narcea	531,9	167,0	31,4	ND	ND
3 Pigüëña	404,1	216,0	53,4	ND	ND
4 Trubia	418,7	227,6	54,4	ND	ND
5 Caudal	234,9	144,8	61,7	ND	ND
6 Aller	356,5	225,0	63,1	ND	ND
7 Nalón	264,3	174,7	66,1	ND	ND
8 Sella	480,8	290,5	60,4	ND	ND
9 Cares	454,9	301,2	66,2	ND	ND
10 Deva	643,3	339,4	52,8	ND	ND
11 Nansa	90,0	82,7	92,0	ND	ND
12 Saja	206,9	143,4	69,3	ND	ND
13 Besaya	305,7	107,5	35,2	ND	ND
14 Pas	355,5	82,2	23,1	ND	ND
15 Miera	205,5	33,1	16,1	ND	ND
16 Asón	494,2	94,2	19,1	ND	ND
Resto Cuenca Cantábrico	11.731,1	ND	ND	ND	ND
Total	18.948,8	2780,2	14,7	ND	ND

ND. = DATO NO DISPONIBLE

VAFN = VOLUMEN DE AGUA ACUMULADO EN FORMA DE NIEVE

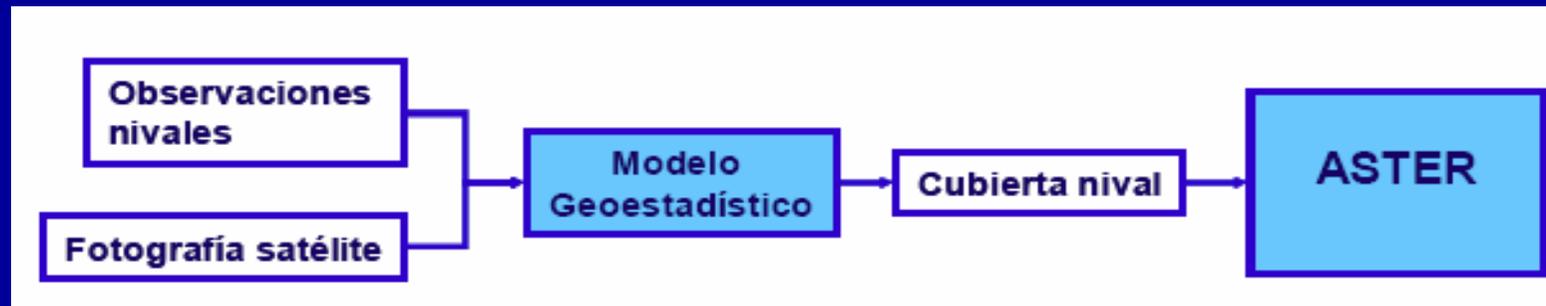
Fuente de información:

Modelo hidrológico ASTER
Mediciones de campo

• Imagen satélite



1. Las mediciones nivales de campo proporcionan datos puntuales (densidad, espesor y cota inicial de nieve)
2. las imágenes satélite proporcionan datos areales (superficie afectada)

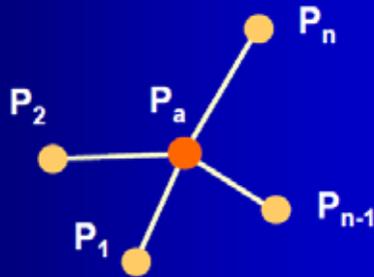


EVALUAMOS el Volumen de Agua en Forma de Nieve (VAFN) equivalente y con ello las reservas de agua disponibles en cada cuenca.



EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

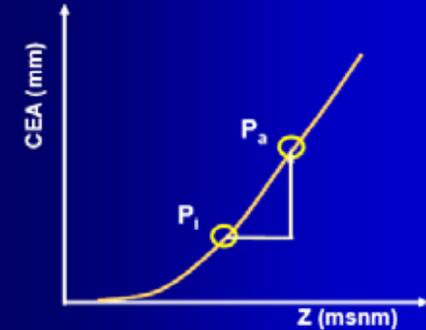
■ Método de interpolación Inversa de la Distancia al Cuadrado (x,y)



$$CEA_a = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{d_i^p} * F CEA_i, Z_a - Z_i \right]}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}}$$

■ Ley de Innivación Cota (z)-VAFN

$$CEA = F Z$$



Las curvas de innivación relacionan las variables:

1. **Espesor de Nieve,**
2. **Cota topográfica**
3. **Orientación geográfica,**

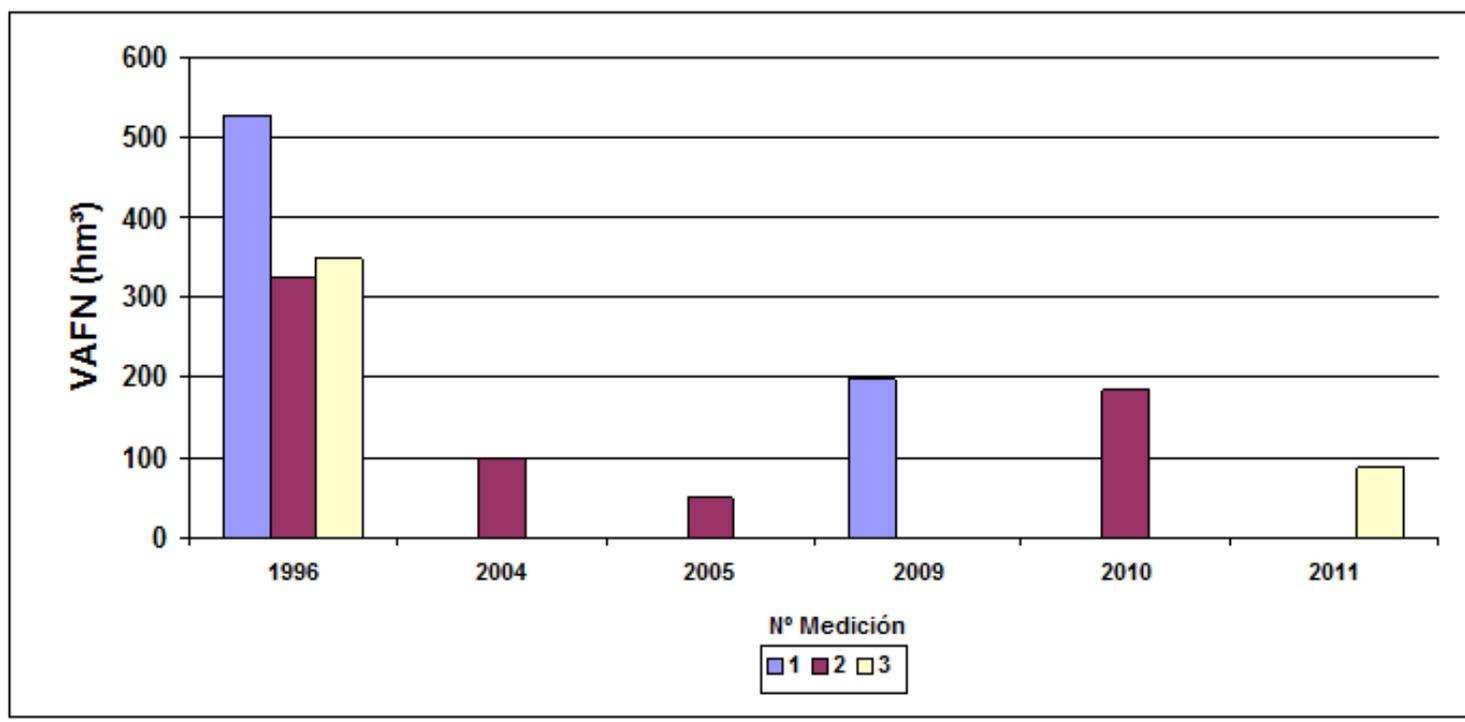
Definida el área innivada y determinada La ley de Innivación, se realiza el cálculo de la Columna de Agua Equivalente para cada uno de los elementos que componen la retícula en que se ha descretizado la cuenca.

Se necesita utilizar un SIG.



EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

<i>Macizo</i>		<i>VAFN promedios por n° medición</i>			
		<i>1ª</i>	<i>2ª</i>	<i>3ª</i>	<i>Anual</i>
D	Sistema Central	362	165	218	228



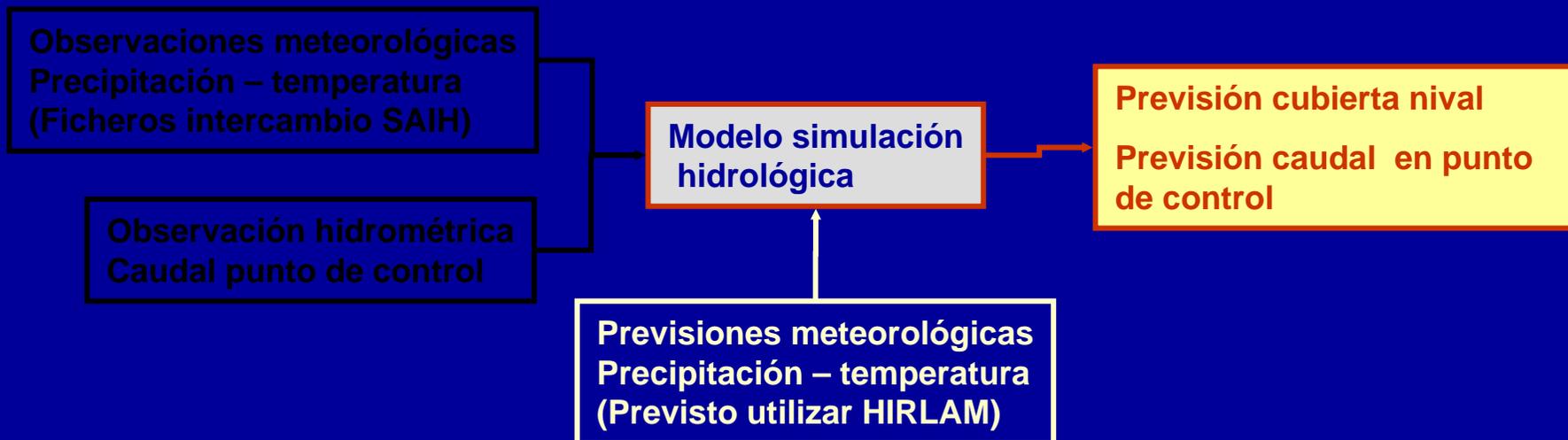


EL MODELO ASTER

- Todos los datos de VAFN presentados en los gráficos y tablas anteriores → SE CORRESPONDEN CON CAMPAÑAS PUNTUALES DE MEDICIÓN.
- Para solucionar este inconveniente, SE MODELIZAN LAS CUENCAS NIVALES CON EL MODELO HIDROLÓGICO ASTER, lo que permite conocer en todo momento el estado nival de las mismas.
- El buen ajuste del modelo se basa, entre otros factores, en los valores puntuales obtenidos en las campañas de medición en campo.



MODELO HIDROLÓGICO ASTER. EVALUACIÓN CONTÍNUA DE RECURSOS NIVALES





GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

MODELO ASTER



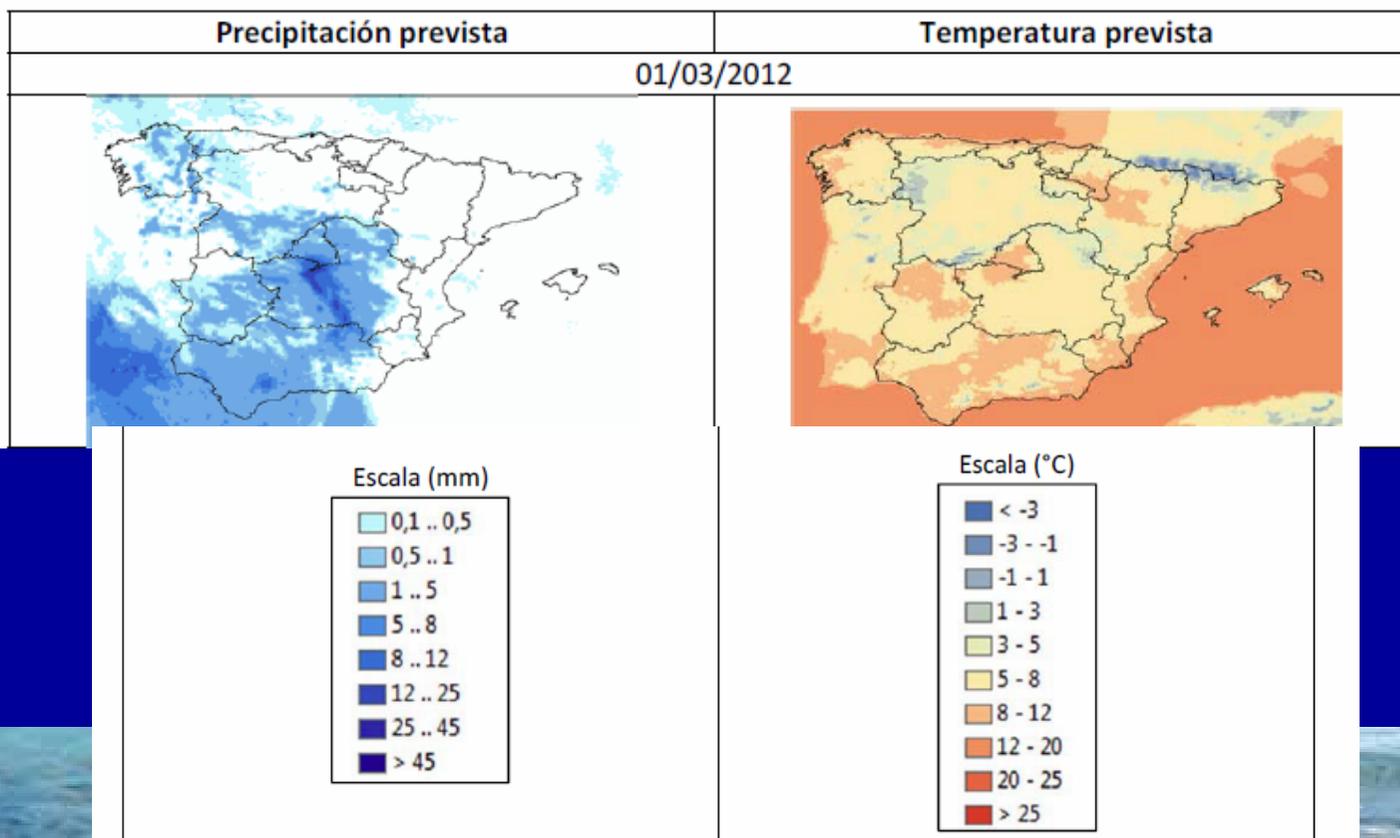
GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

INFORME DE PREVISIÓN NIVAL
ELABORADO CON EL MODELO HIROLÓGICO
ASTER, A PARTIR DE LAS PREVISIONES
METEOROLÓGICAS PROPORCIONADAS POR
EL CENTRO EUROPEO DE PREVISIÓN.

PERIODO: 01/03/2012 – 07/03/2012

PREVISIÓN METEOROLÓGICA EMCWF





GOBIERNO
DE ESPAÑA

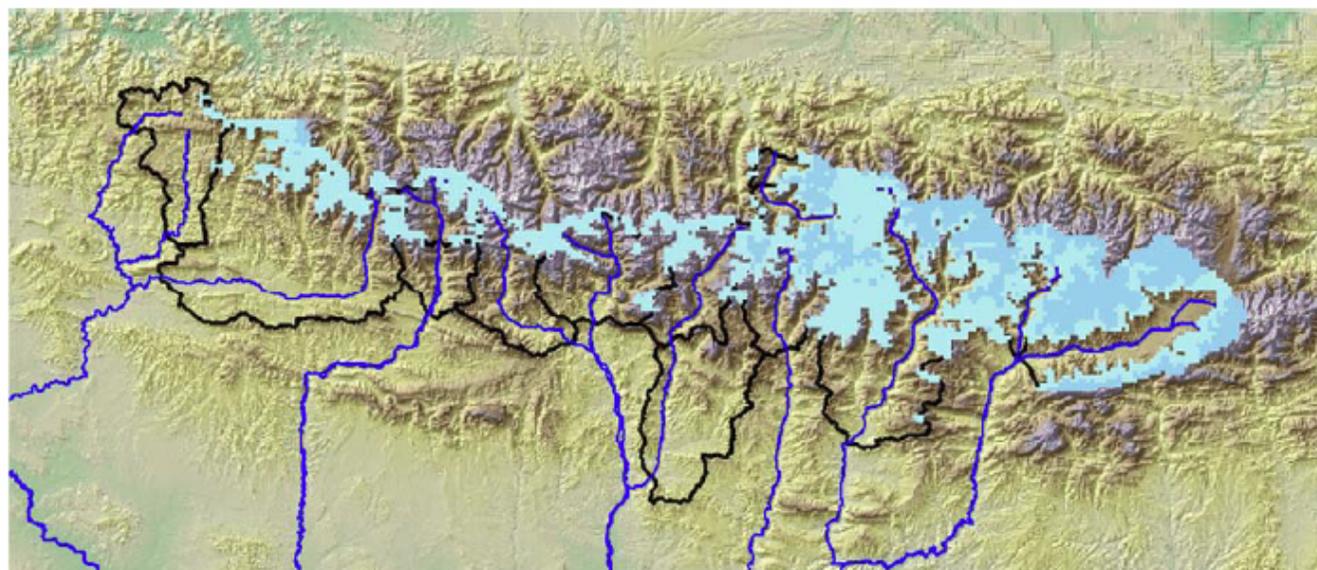
MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

MODELO ASTER

PREVISIÓN NIVAL ESTIMADA POR EL MODELO ASTER

Confederación Hidrográfica del Ebro

03/03/2012





GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

EL MODELO ASTER

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

Evolución de los recursos nivales (ASTER)



Confederación Hidrográfica del Miño-Sil

24 de mayo de 2012

Datos provisionales sujetos a revisión

RPO: 266-122367

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

Programa ERHIN

EVOLUCIÓN DE LA RESERVA DE NIEVE Y APORTACIONES EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO

Fecha del informe: 02/05/2012

RESERVA DE NIEVE

Y-axis: mm³ equivalente de agua (0 to 900)
X-axis: O, N, D, E, F, M, A, M, J, J, A, S (O, N, D, E, F, M, A, M, J, J, A, S)
Legend: Promedio últimos 5 años (black), Año 2010/11 (blue), Año 2011/12 (red)

APORTACIONES CONTROLADAS

Y-axis: mm³ acumulados a origen (0 to 6.000)
X-axis: O, N, D, E, F, M, A, M, J, J, A, S (O, N, D, E, F, M, A, M, J, J, A, S)
Legend: Promedio últimos 5 años (black), Año 2010/11 (blue), Año 2011/12 (red)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN

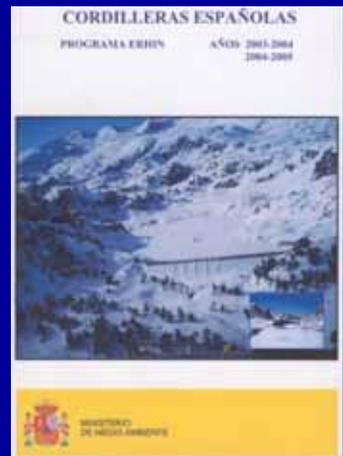
PUBLICACIÓN WEB DE LA INFORMACIÓN ERHIN

<http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/erhin/>

PUBLICACIONES, ARTÍCULOS, CONGRESOS



LIBRO



ANUARIOS



EXPOSICIONES

CONGRESOS: GRENoble (2009) ,GRENoble (2010) LYON (2011)

PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS EN REVISTAS ESPECIALIZADAS



Programa ERHIN

LOS GLACIARES ESPAÑOLES



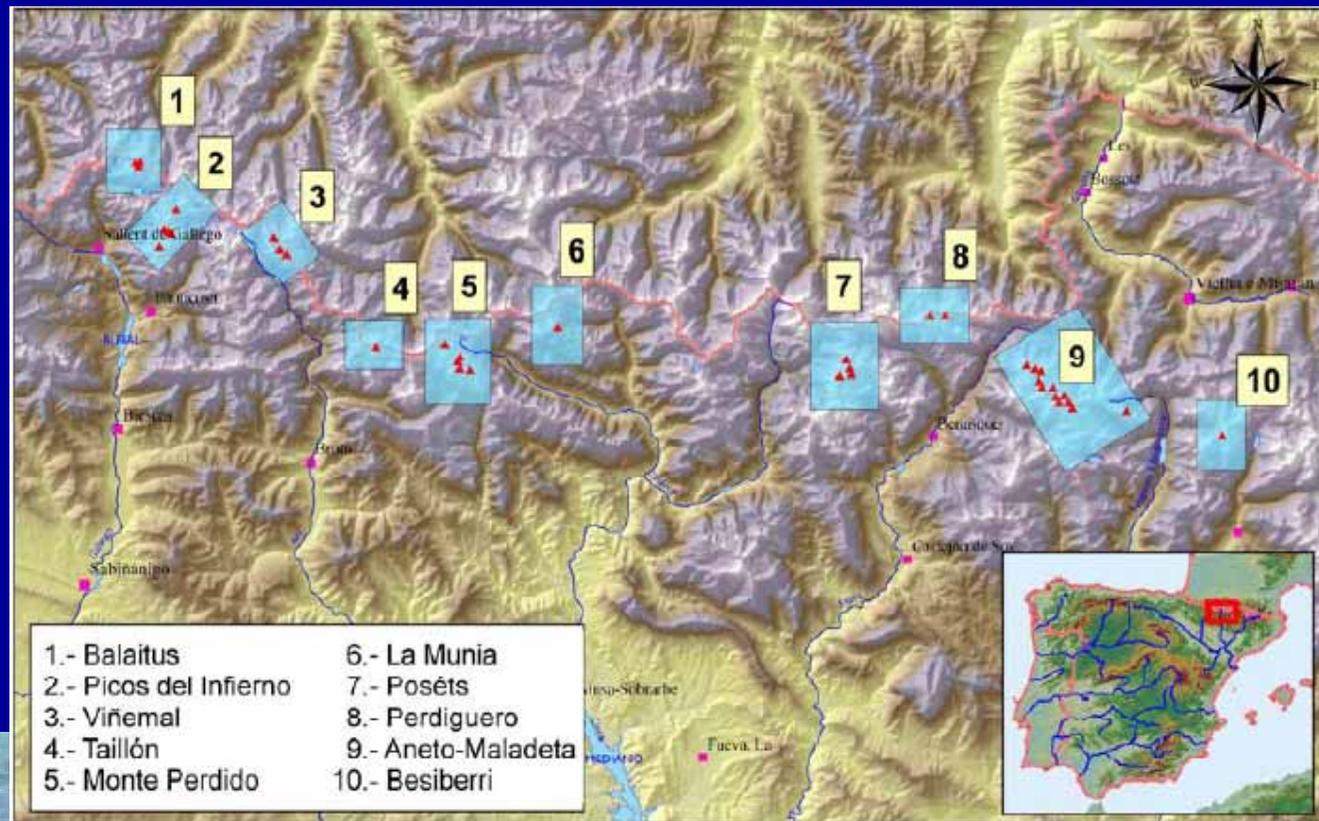
GLACIAR DEL ANETO-MALADETA (PIRINEO), Sep/2006



GLACIARES ESPAÑOLES

La cadena pirenaica alberga los únicos glaciares activos que en la actualidad persisten en la Península Ibérica.

A comienzos del siglo XX ocupaban una superficie aproximada de **3.300 ha**, pero en la actualidad, sólo cubren unas **390 ha**. De esta extensión, aproximadamente un **58% (unas 211 ha) corresponde a la vertiente española**. Estos aparatos glaciares constituyen las reservas de hielo más meridionales de Europa.





BALANCE DE MASAS EN LA MALADETA

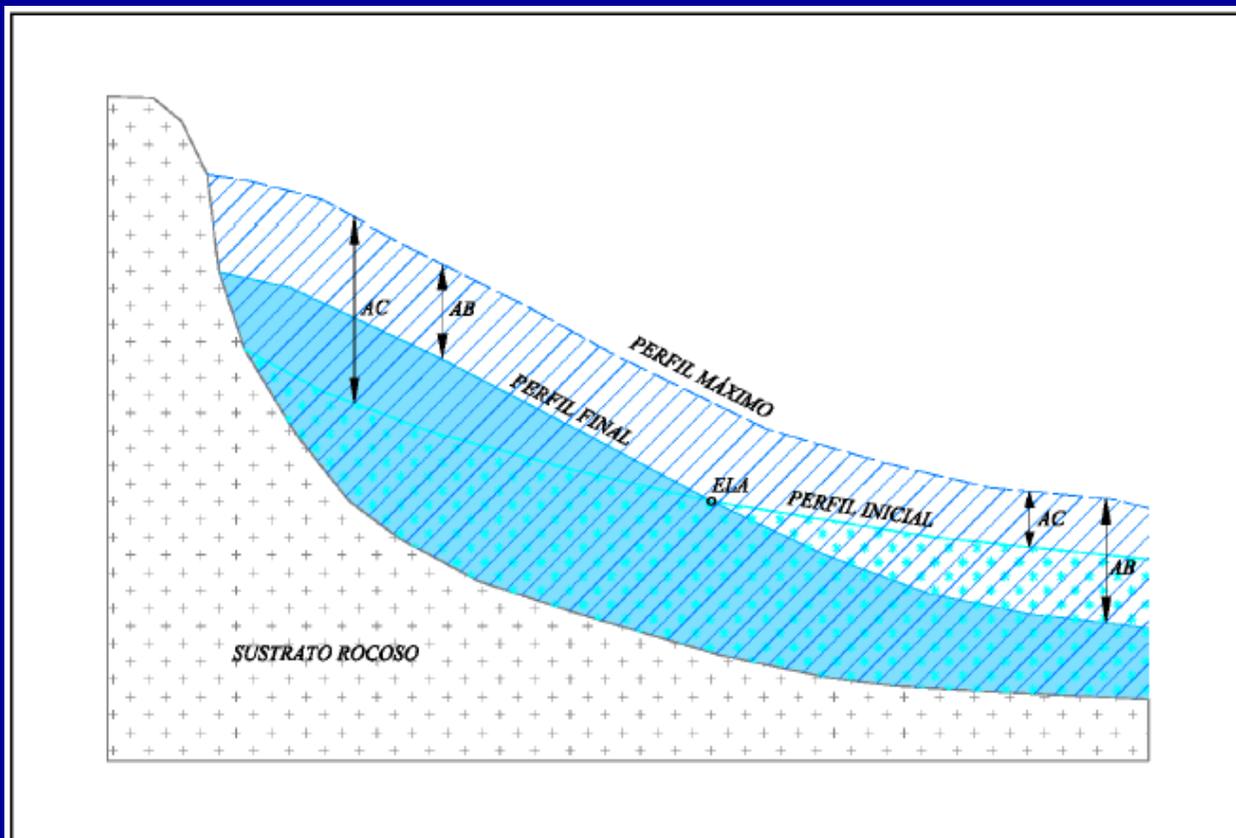
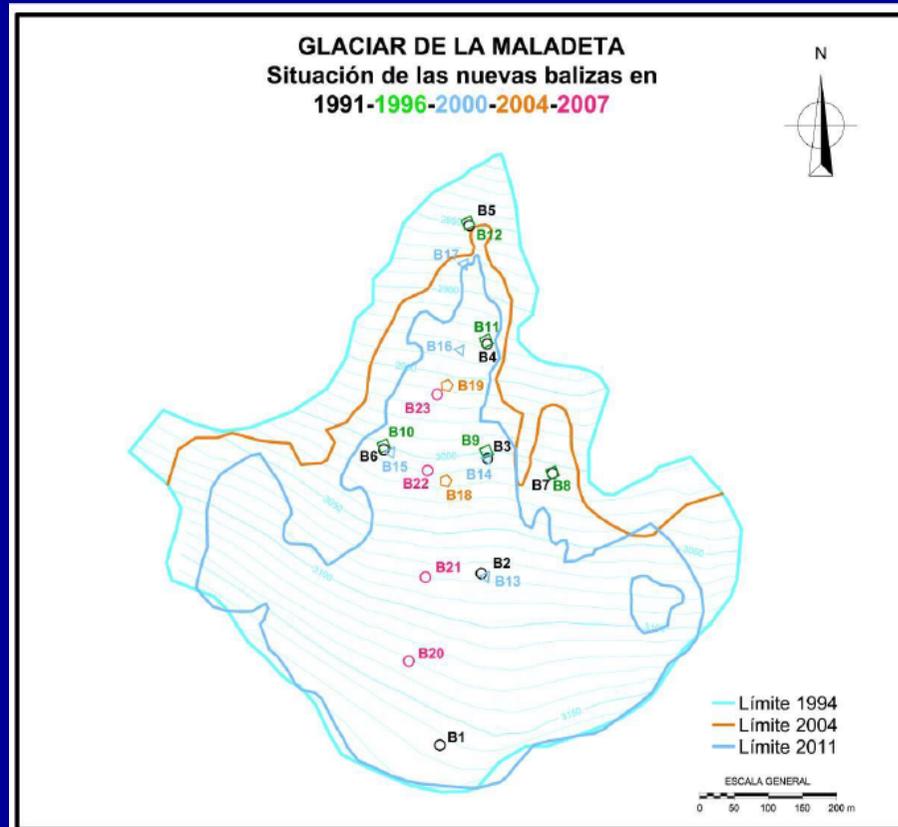
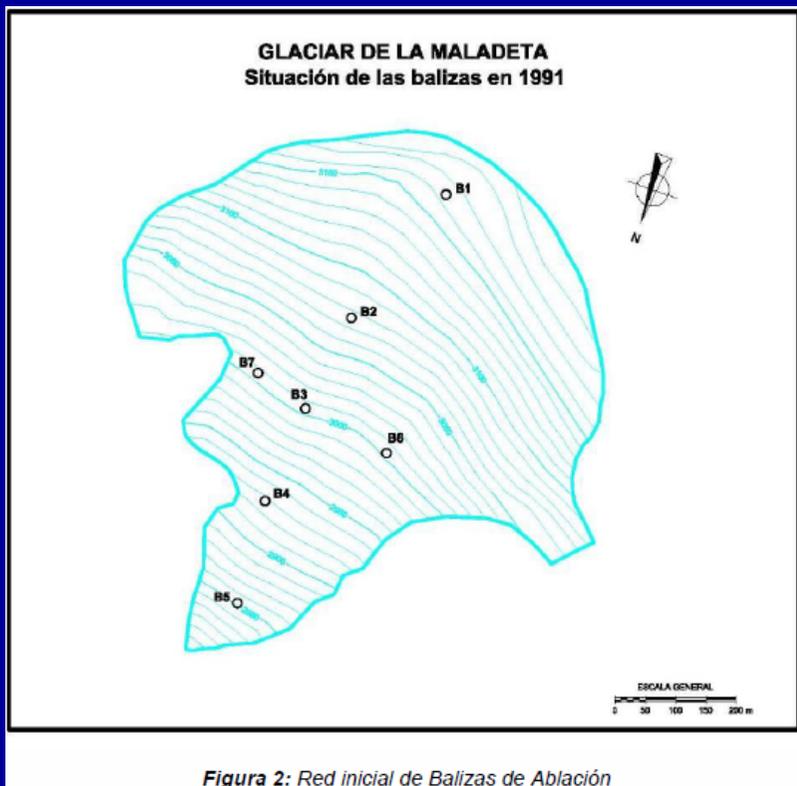


Figura 1. Esquema de un perfil glaciar.



MEDICIÓN DE LA ACUMULACIÓN Y DE LA ABLACIÓN MOVIMIENTO DEL GLACIAR





GOBIERNO DE ESPAÑA

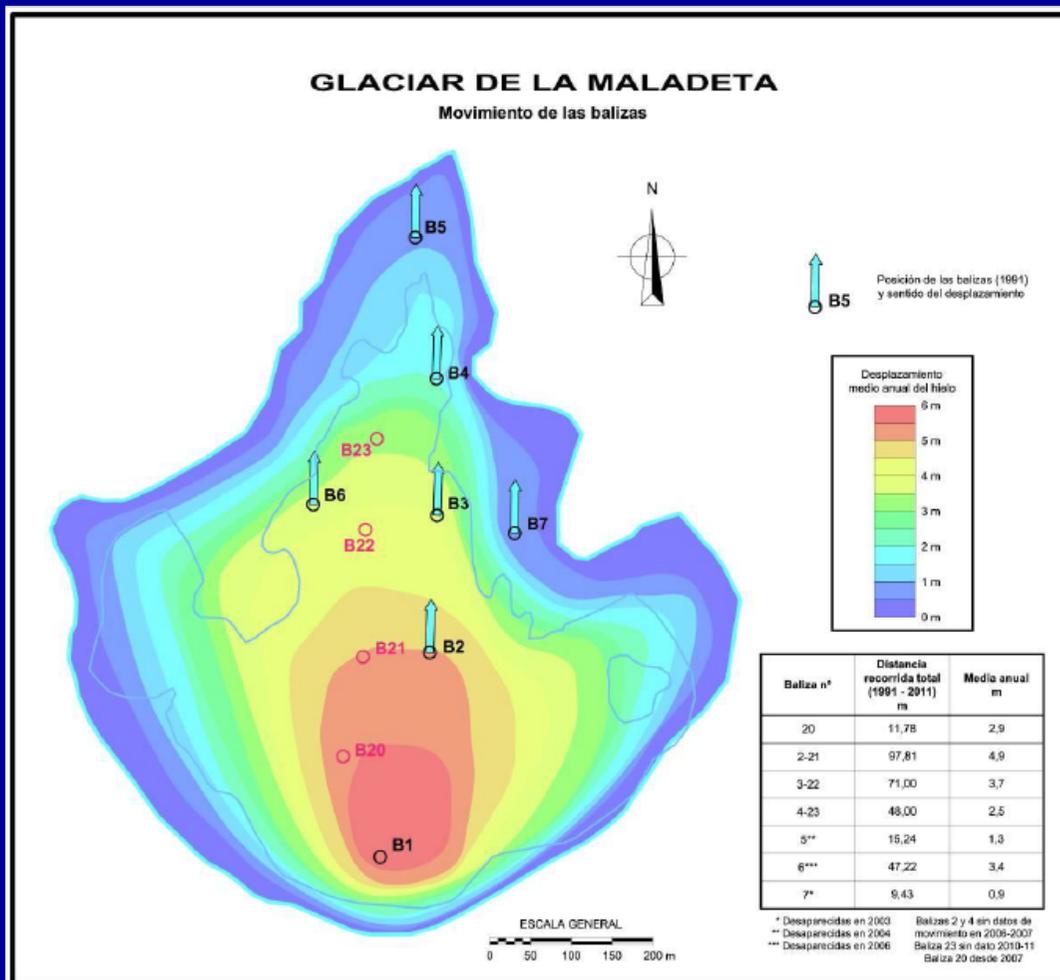
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

BALANCE DE MASAS DE LA MALADETA

MOVIMIENTO SUPERFICIAL DEL HIELO



TOPOGRAFÍA

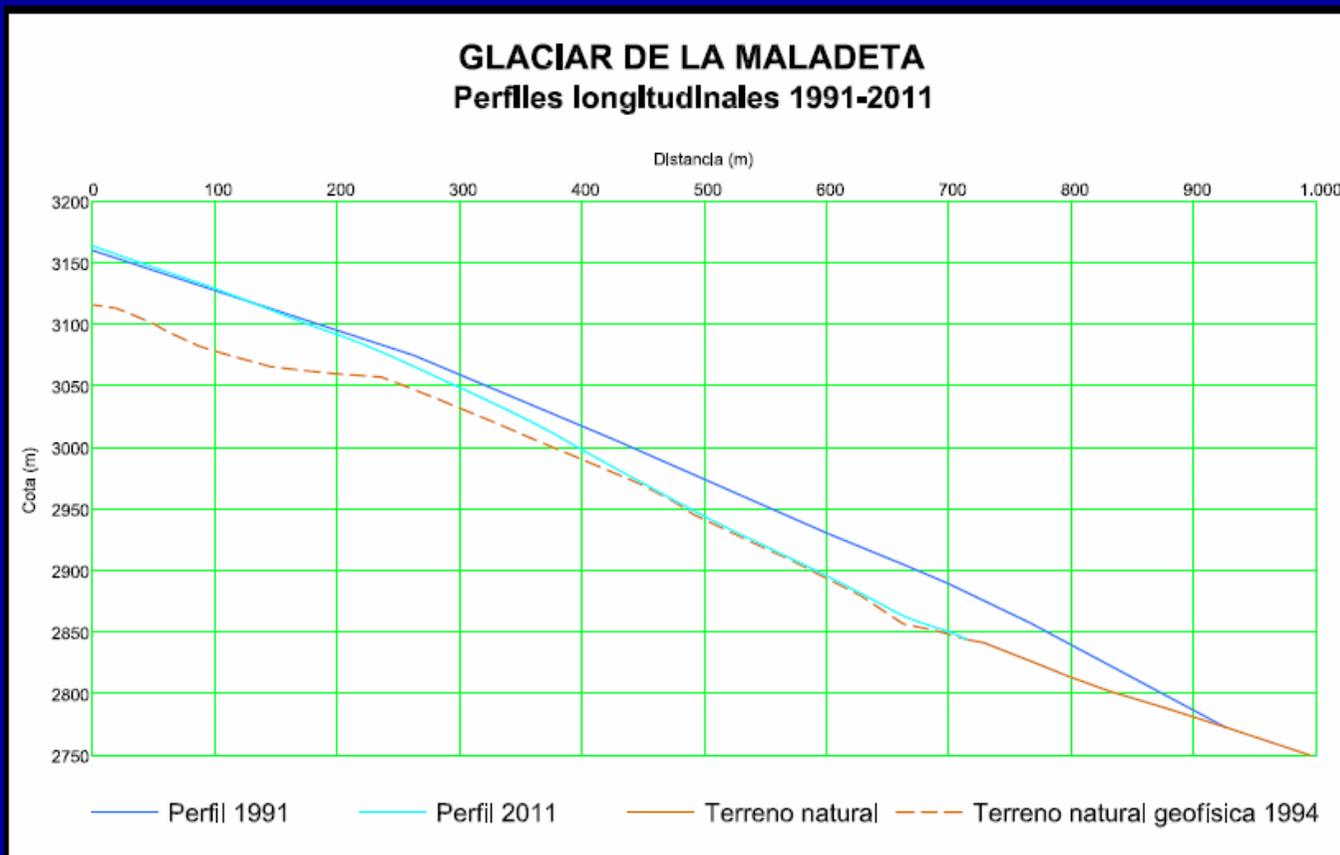




GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

BALANCE DE MASAS MALADETA

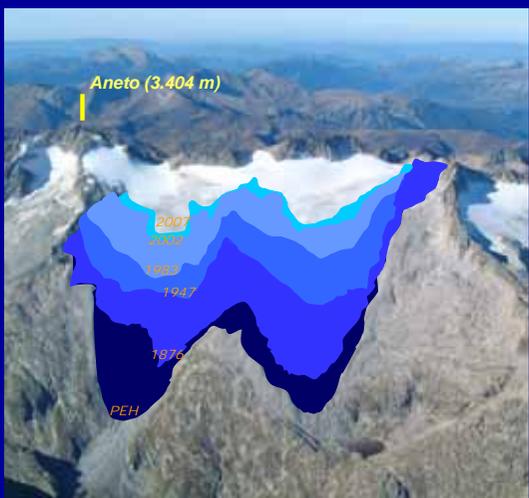




GOBIERNO DE ESPAÑA

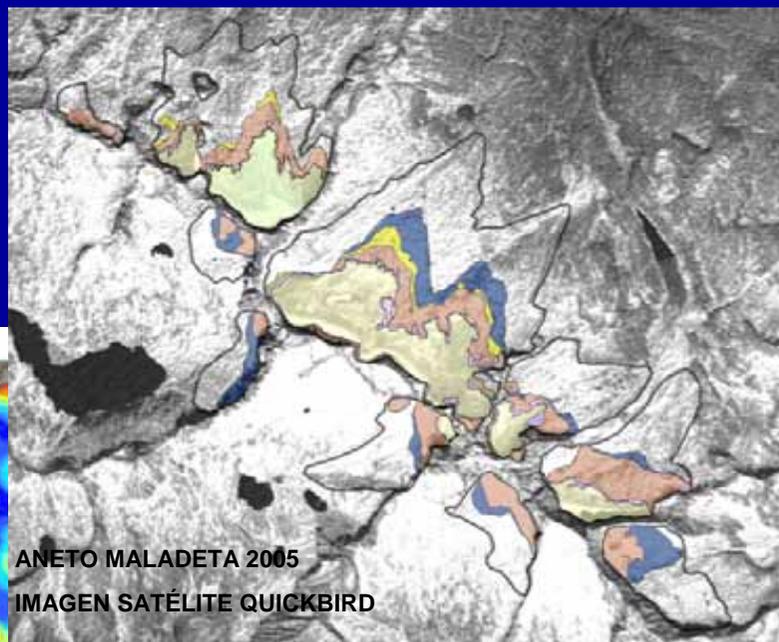
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

BALANCE DE MASAS DE LA MALADETA

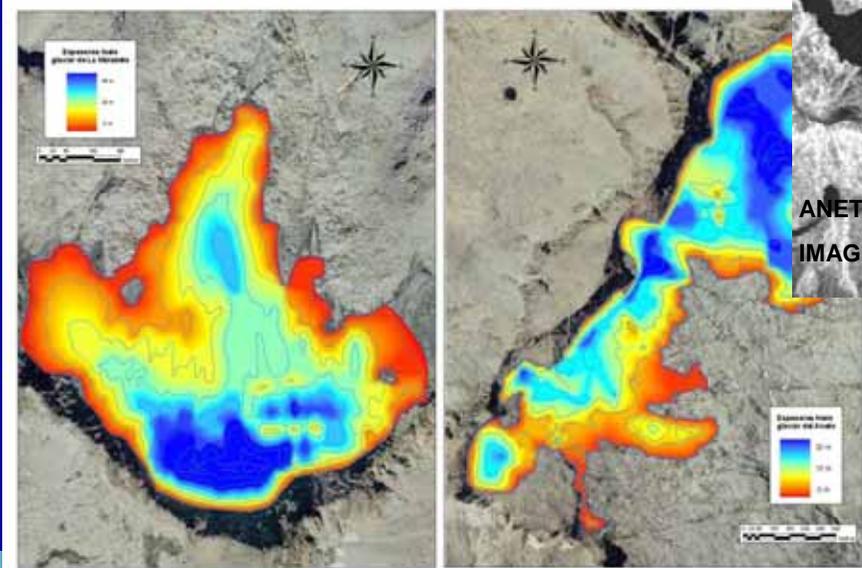


EVOLUCIÓN DEL FRENTE GLACIAR

SEGUIMIENTO DE LA EVOLUCIÓN DEL GLACIAR MEDIANTE TELEDETECCIÓN



ANETO MALADETA 2005
IMAGEN SATÉLITE QUICKBIRD



MAPA DE ESPESORES DE HIELO SOBRE IMAGEN SATÉLITE PNOA



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

BALANCE DE MASAS DE LA MALADETA



Parte superior del glaciar. Medida del espesor de nieve sobre la Baliza 20, cota 3.135 m, 380 cm de nieve



Parte superior del glaciar. Sondeo nº 2 cota 3.075 m



Parte superior del glaciar. Sondeo nº 1 cota 3.117 m. Pesado y medida de los testigos de nieve



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

BALANCE DE MASAS EN LA MALADETA



Parte baja del glaciar. Sondeo nº 6 cota 2.874 m. Último testigo extraído, con hielo glaciar



Baliza 20. 10 cm negro. Cota 3.121 m



Baliza 21. 51 cm amarillo. Cota 3.062 m





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

BALANCE DE MASAS MALADETA



Cueva margen derecha



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

BALANCE FINAL

GLACIAR DE LA MALADETA. EVOLUCIÓN DE LA ISLA GLACIAR EN SU MARGEN IZQUIERDA



Año 2004



Año 2005



Año 2007



Año 2008



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

BALANCE FINAL



Año 2009



Año 2010

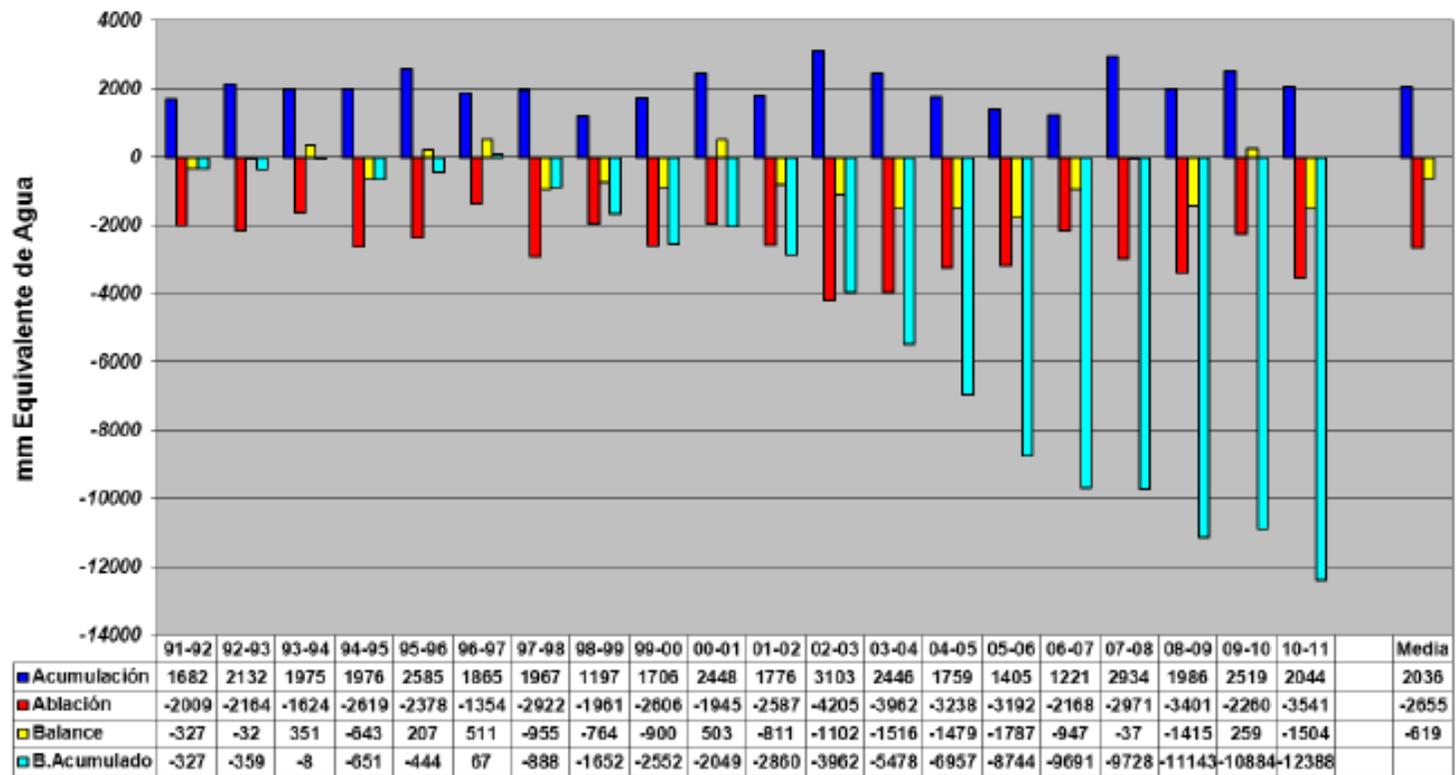


Año 2011



BALANCE FINAL

Glaciar de La Maladeta. Balance 1991-1992 a 2010-2011



EL BALANCE SE EXPRESA EN TERMINOS DE COLUMNA DE AGUA mm



EVOLUCIÓN DE LOS GLACIARES

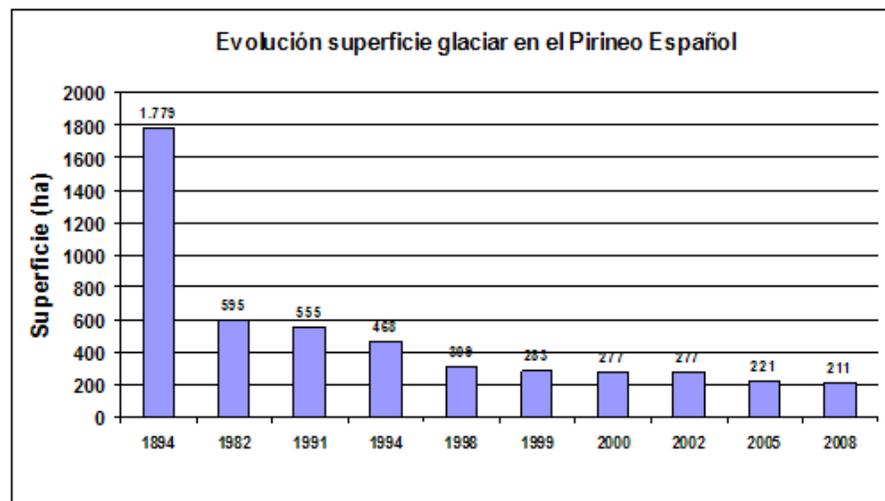
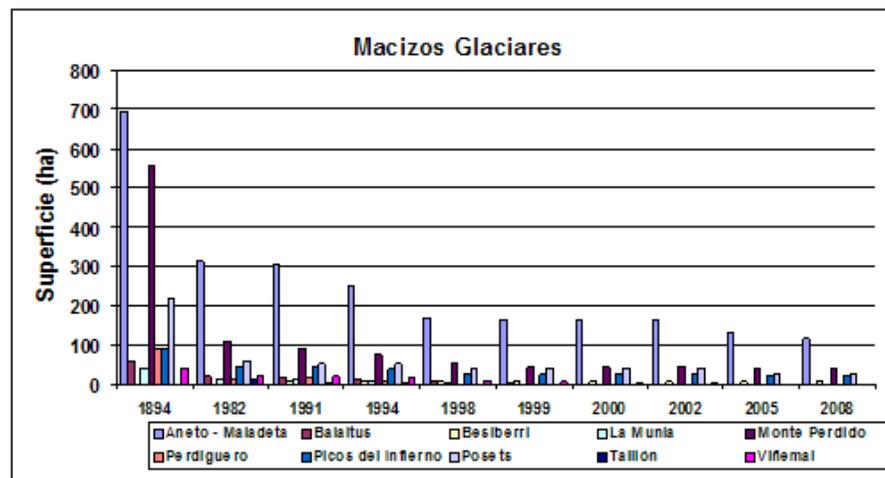
TABLA DE EVOLUCIÓN DE LOS TIPOS DE APARATOS GLACIARES POR MACIZOS

MACIZO	1982					1993					2002					2007				
	Glaciar	SD	G. Rocoso	helero	extinto	Glaciar	SD	G. Rocoso	helero	extinto	Glaciar	SD	G. Rocoso	helero	extinto	Glaciar	SD	G. Rocoso	helero	extinto
Balaitus	2	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
Infierno	2	0	1	2	0	2	0	1	2	0	1	0	1	2	1	1	0	1	2	1
Viñemal	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Taillón	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Monte Perdido	4	0	0	1	0	3	0	0	1	1	2	0	0	1	2	2	0	0	1	2
La Muniá	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Posets	3	0	1	0	0	3	0	1	0	0	2	0	1	1	0	2	0	1	1	0
Perdigüero	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Aneto-Maladeta	9	1	0	0	0	6	0	0	3	1	4	0	0	1	5	4	0	0	1	5
Besiberri	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
TOTAL PIRINEO	25	3	2	4	0	14	0	3	14	3	9	0	3	6	16	9	0	3	6	16
Total					34					34					34					34



EVOLUCIÓN DE LOS GLACIARES

MANTENIMIENTO BASE DE DATOS HISTÓRICA DE EVOLUCIÓN GLACIAR





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

ESTUDIO DE LOS GLACIARES

FUTURO DE LOS GLACIARES ESPAÑOLES. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

GLACIAR DE LA MALADETA



AÑO 1857



AÑO 2002

GLACIAR DEL MONTE PERDIDO



AÑO 1920



AÑO 2002



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

CUENCA DEL RÍO SELLA (C. CANTÁBRICA)