

# Los glaciares del Pirineo español (\*)

Por **MIGUEL ARENILLAS PARRA**

Ingeniero de Caminos. Catedrático de Geología aplicada. ETSICCP. Madrid.

**ISIDRO CANTARINO MARTI**

Ingeniero Agrónomo. Departamento de Ingeniería del Terreno. ETSICCP. Valencia.

**RAMIRO MARTINEZ COSTA**

Ingeniero de Caminos. Profesor de Geología aplicada. ETSICCP. Valencia.

**EDUARDO MARTINEZ DE PISON**

Geógrafo. Catedrático de Geografía Física. U. Autónoma. Madrid.

**ALFONSO PEDRERO GONZALEZ**

Ingeniero de Caminos. Dirección General de Obras Hidráulicas. MOPT. Madrid.

*En este artículo se explican sucintamente las principales características del glaciario pleistoceno en la vertiente meridional del Pirineo y el estado actual de los distintos aparatos todavía activos. Se comparan mediciones realizadas en 1980/82 y 1991 con los datos más antiguos disponibles (1894). Por último se explican algunos de los fenómenos observados, a partir de datos de innivación registrados estos últimos años.*

## 1. INTRODUCCION

Nuestros trabajos de investigación glaciario en el Pirineo español, planteados con criterios sistemáticos a partir de 1980, han quedado incluidos posteriormente en un programa más amplio (2 y 7), propuesto por la Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, que está dirigido al estudio de los recursos hídricos procedentes de la nieve precipitada en la alta montaña (Programa ERHIN).

Precisamente dentro del programa ERHIN se ha podido llevar a cabo, en julio de este año (1991), una prospección prácticamente exhaustiva de todos los glaciares y heleros del Pirineo español. De este modo se ha analizado la situación actual de los distintos aparatos vigentes, comparando sus formas y dimensiones con las deducidas en el período 1980/82, en el que se habían realizado dos campañas de campo por varios grupos de investigadores y montañeros. Este análisis comparativo ha servido para comprobar el claro proceso de pérdida de masa que han experimentado los glaciares de la vertiente meridional del Pirineo durante los últimos años. Por otro lado, los estudios de nivología incluidos en el programa ERHIN han permitido explicar esta evolución reciente de los glaciares pirenaicos

cos y también las razones de la ubicación de los aparatos todavía activos.

## 2. EVOLUCION MORFOLOGICA DEL GLACIARIO

En todos los altos valles del Pirineo central español se observan las claras huellas morfológicas de una importante glaciación del Pleistoceno reciente. Los frentes de esta glaciación se colocan con frecuencia a la salida de los valles con altitudes que pueden alcanzar los 800 m. y tras recorridos que, en algunos casos, superan los 35 km. Las dataciones obtenidas en ambas vertientes pirenaicas indican que esta fase sería atribuible a la que viene siendo denominada tradicionalmente como Würm.

En uno de los valles más representativos, el del río Aragón, esta glaciación presenta diversos arcos frontales que indican la existencia de varios episodios en la fase de su máxima extensión. Sin embargo, en otros lugares, como en el valle del Gállego, se manifiestan también restos de morrenas que podrían atribuirse a otra fase anterior, todavía poco definida. En todos los casos, incluso en los valles con glaciario pleistoceno de menor magnitud, son apreciables los grandes espesores que alcanzaban, hasta cerca de su mismo final, las lenguas que los cubrían.

(\*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de enero de 1992.

La morfología glaciár del valle de Benasque (4), en el alto Esera (con los macizos de máximas altitudes de la cordillera: Aneto, 3.404 m., Posets, 3.374 m. y también Perdiguero, con 3.222 m., y la mayor concentración de glaciares actuales), es un ejemplo claro de los principales caracteres y episodios glaciares pirenaicos desde el Pleistoceno superior hasta nuestros días (fig. 1).

Son identificables en este valle tres cordones morrénicos laterales yuxtapuestos de una misma glaciación del Pleistoceno reciente, que, en su tramo medio, indican un espesor de la lengua de 500 m y una anchura de unos 3 km. Desde los circos más elevados (2.900 m. de altitud) hasta su frente (900 m.) este aparato poseía una longitud de 36 km. En el valle afluente de Cerler, con glaciario independiente aunque adosado al del Esera, existen las mismas fases. En consecuencia se definen tres etapas de un amplio glaciario compuesto: "máximo pleniglaciario", "intermedia estable" y "fase interna".

En la deglaciación finiwürmiense del alto Esera las lenguas se acantonaron en los valles más elevados en un episodio de disociación glaciario que dejó morrenas particulares en ellos, próximas a los cursos actuales de los ríos. Principalmente en el macizo del Aneto, e infrecuente en el resto del valle, se encuentra una fase más tardía de retroceso, replegada a la alta montaña; la mayor persistencia del glaciario en el Aneto, como bien muestra la actual existencia en él de aparatos activos, explica el carácter local de este episodio.

También localizados en cabeceras de cierta altitud, existen glaciares rocosos fósiles, similares a los que se observan con frecuencia en el Pirineo oriental; son posteriores a la última fase de retroceso y se vienen datando en el Dryas. De este momento tardiglaciario son también los arcos morrénicos limpios del macizo del Aneto, interpuestos entre los del último retroceso y los de la Pequeña Edad del Hielo, ya cercanos a los glaciares actuales.

Finalmente, en los macizos del Aneto, del Perdiguero y del Posets, así como en otros puntos elevados de los cordales septentrionales del valle de Benasque, quedan huellas de dos fases en las morrenas de la "Pequeña Edad del Hielo". Algunos de los aparatos que las generaron han desaparecido, otros se encuentran en vías de extinción y hoy en el alto valle del Esera sólo

subsisten 14 pequeñas manchas de hielo, entre glaciares y heleros, que puedan todavía considerarse activas.

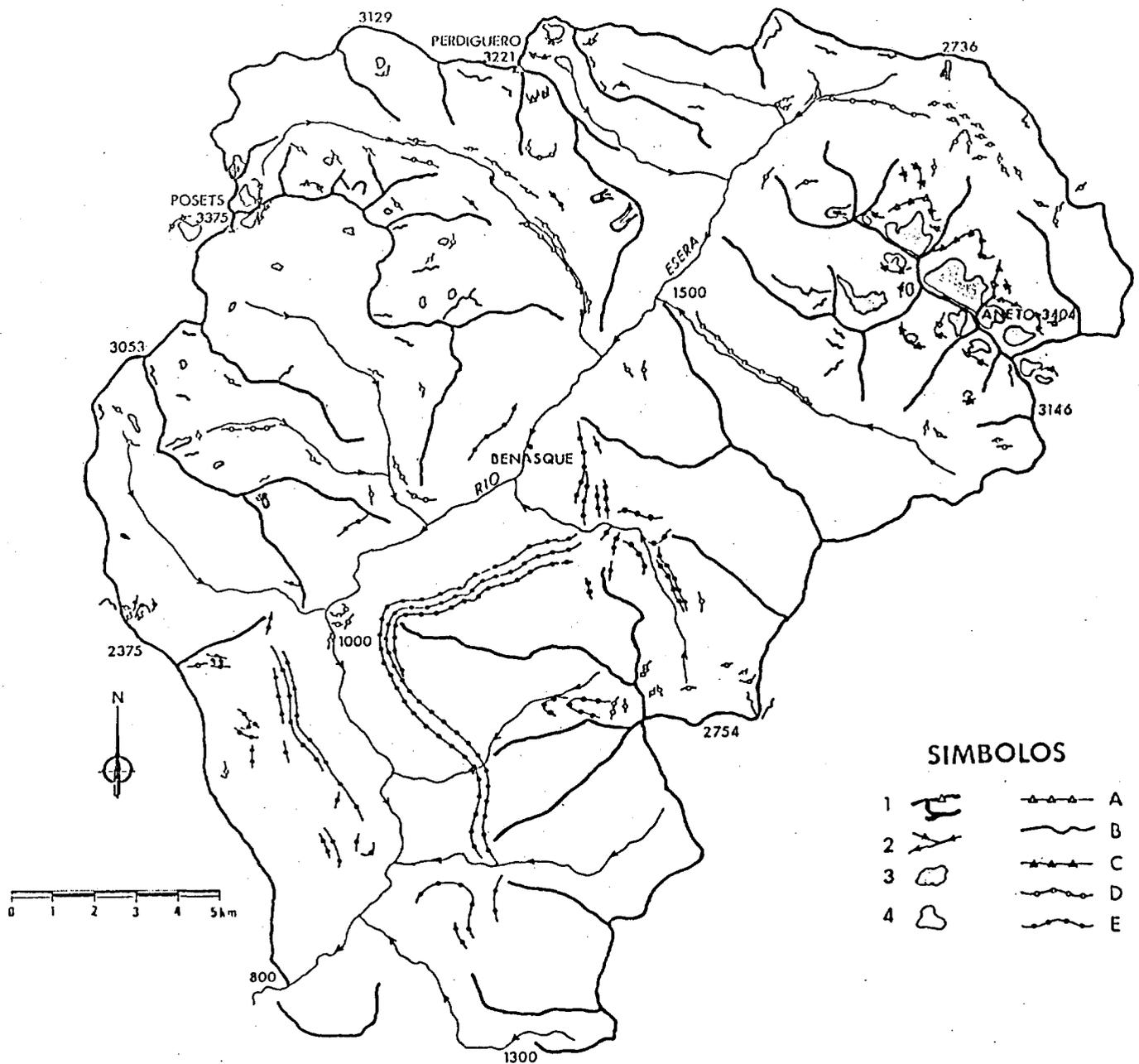
En relación con la generalidad de la vertiente española del Pirineo, aparte de las dos fases mencionadas, constatables en algunas morrenas, las descripciones de los pirineístas de fines del siglo XVIII y comienzos del XIX muestran a los glaciares pirenaicos en lo que podemos considerar su máximo histórico (5). A fines del XIX, sin embargo, es ya evidente un retroceso notable, que prosigue hasta 1957 (con un posible pero limitado reavance hacia 1912) y que luego se atenúa, para volver a incrementarse en el último decenio.

Los valles del Pirineo central español que todavía conservan aparatos activos pertenecen, de Oeste a Este, a las cuencas del Gállego, Cinca, Esera-Garona y Noguera Ribagorzana (fig. 2). Las cumbres de los conjuntos montañosos que alojan estos aparatos superan con frecuencia los 3.000 m. de altitud, pero sus diferentes formas, emplazamientos, orientaciones y cotas dan lugar hoy a distinto número de glaciares en cada macizo: Balaitus, 3.151 m., un glaciario y dos heleros; Punta Zarra, 2.974 m., un helero; Infierno, 3.076 m., dos glaciares y un helero; Argualas, 3.046 m., un glaciario rocoso; Viñemal, 3.298 m., tres heleros; Taillón, 3.144 m., un helero; Monte Perdido, 3.353 m., tres glaciares y dos heleros; La Munia, 3.123 m., un helero; Posets, 3.375 m., tres glaciares y un glaciario rocoso; Perdiguero, 3.222 m., un glaciario y un helero; Aneto, 3.404 m., siete glaciares y cuatro heleros; Besiberri, 3.030 m., un helero cubierto.

### 3. LOS GLACIARES ACTUALES

La primera medición de los glaciares de la vertiente española del Pirineo es la realizada por Schrader en la segunda mitad del siglo XIX (8). A lo largo de un dilatado período de diez años (1880 a 1890, aproximadamente) cartografía y mide los aparatos de ambas vertientes, ajustando los datos de una estimación anterior que había facilitado en su día a Elisée Reclus y que éste había publicado en su *Géographie* en 1873. Para Schrader este período de observación y medición de los glaciares pirenaicos corresponde a una etapa de retroceso "probablement plus marquée que celles qui l'avaient immédiatement précédée ou qui la suivront". No obstante, llega, para la

# LOS GLACIARES DEL PIRINEO ESPAÑOL



## SIMBOLOS

1			A
2			B
3			C
4			D
			E

## LEYENDA

- 1- CORDALES
- 2- RIOS
- 3- LAGOS
- 4- GLACIARES

- A - MORRENAS DE LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO
- B - MORRENAS DE NEVERO Y GLACIARES ROCOSOS
- C - MORRENAS TARDIGLACIARES
- D - MORRENAS DE RETROCESO FINIPLISTOCENAS
- E - MORRENAS DEL PLEISTOCENO RECIENTE

Figura 1. Evolución glacial del valle de Benasque (E. Martínez de Pisón, 1989).

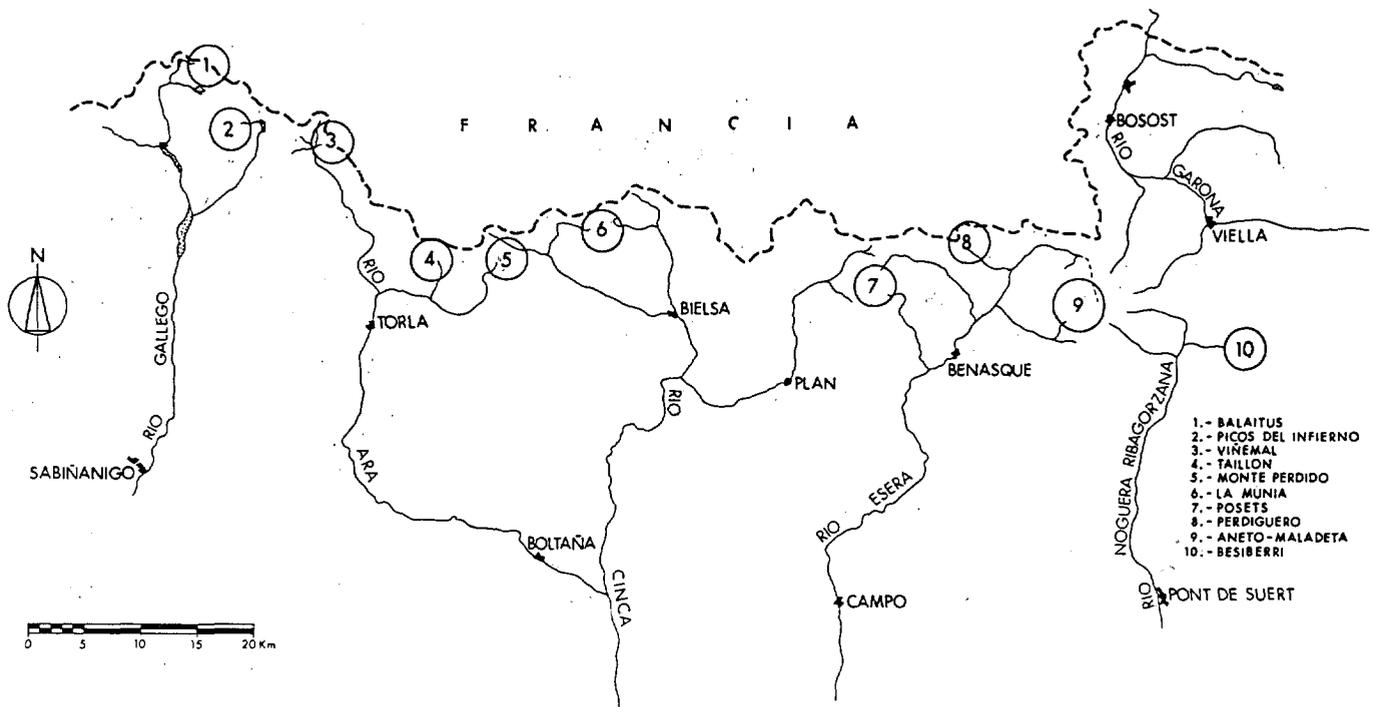


Figura 2. Macizos con glaciares activos en el Pirineo español.

vertiente española, a una superficie global ocupada por glaciares de 1.779 ha y a un volumen total de hielo de 889 hm<sup>3</sup>, al suponer un espesor medio para el conjunto de 50 m.

Pocos años después, entre 1900 y 1909, Gaurier (3) efectúa nuevas mediciones en el lado francés, con alguna comprobación en la vertiente española, anotando en casos concretos que algunas de las evaluaciones de Schrader resultaban excesivas. Esta consideración de Gaurier parece bastante razonable: a la vista de nuestras mediciones recientes, en particular las de 1980/82, y de nuestros reconocimientos más antiguos (desde los años 50), de haber sido exactas las cifras de Schrader la tasa de ablación glaciaria en los aparatos de la vertiente española del Pirineo hubiera tenido que ser mucho más evidente que lo que se deduce de las observaciones realizadas por investigadores y montañeros a lo largo de los últimos 80 años.

La realidad, no obstante, es que a principios de los 80 de este siglo, es decir, cien años después de las valoraciones de Schrader, los glaciares y heleros del Pirineo español ocupaban una superficie de unas 600 ha, con un volumen total de hielo del orden de los 100 hm<sup>3</sup> (5), cifras que diez años después (julio 1991) se habían reducido a 568 ha y 91 hm<sup>3</sup> respectivamente, como

consecuencia de un proceso de degradación muy importante y acelerado, que se acusa especialmente en los aparatos menores, cuya situación resulta, sin duda, crítica.

En la Tabla 1 adjunta se recogen, con carácter comparativo, los resultados establecidos por Schrader en 1894 y los deducidos por nosotros en 1980/82 y 1991, respectivamente.

Para simplificar esta tabla se han aplicado los nombres actuales a los distintos aparatos, modificando alguno de los empleados por Schrader en 1894. Es de señalar, en cualquier caso, que la dilatada labor investigadora de este geógrafo francés condujo a unos resultados de enorme interés, pues tan sólo dejó de incluir en su relación unos pocos glaciares de orden menor que, incluso, en ocasiones llega a cartografiar en sus mapas aún sin contabilizarlos.

Es de anotar también que algunos de los grandes glaciares dibujados por Schrader se han ido desagregando con el tiempo, dando lugar a varias formas menores. En otros casos los glaciares de Schrader han desaparecido (D en la tabla) o son en la actualidad heleros residuales. Fenómenos que hemos podido constatar en nuestros reconocimientos.

Todas estas modificaciones se detallan en la

TABLA I  
EVOLUCION DE LOS GLACIARES DEL PIRINEO ESPAÑOL

CUENCA	APARATO	SCHRADER 1894			ERHIN 1980/82			ERHIN 1991					
		TIPO	SUPERFICIE (ha)	ESPESOR MEDIO ESTIMADO (m)	VOLUMEN (km <sup>3</sup> )	TIPO	SUPERFICIE (ha)	ESPESOR MEDIO ESTIMADO (m)	VOLUMEN (km <sup>3</sup> )	TIPO	SUPERFICIE (ha)	ESPESOR MEDIO ESTIMADO (m)	VOLUMEN (km <sup>3</sup> )
<b>MACIZO DEL BALAITUS</b>													
GALLEGO	Frondeillas	G	55	--	--	G	8	10	0,80	H	7	5	0,35
	Brecha Latour	-	--	--	--	G	7	15	1,05	G	6	10	0,80
	Balaitus SE.	-	--	--	--	H	3	5	0,15	H	2	3	0,06
	<b>TOTAL BALAITUS</b>		55	--	--		18	--	2,00		15	--	1,01
<b>MACIZO PICOS DEL INFIERNO</b>													
GALLEGO	Picos Inferno Occidental	G	40	--	--	G	14	15	2,10	G	14	10	1,40
	Picos Inferno Oriental	G	32	--	--	H	5	5	0,25	H	4	4	0,16
	Las Arguelas	G	16	--	--	G	11	10	1,10	G	10	7	0,70
	Punta Zarra	-	--	--	--	GR	30	15	--	GR	30	15	--
	<b>TOTAL PICOS DEL INFIERNO</b>		88	--	--		62	7	0,14		2	5	0,10
<b>MACIZO DEL VINEMAL</b>													
CINCA	Clot de la Hount	G	40	--	--	G	8	10	0,80	H	6	6	0,36
	Tapou	-	--	--	--	G	6	10	0,60	H	6	6	0,36
	Monferrat	-	--	--	--	G	6	10	0,60	H	6	5	0,30
	<b>TOTAL VINEMAL</b>		40	--	--		20	--	2,00		18	--	1,02
<b>MACIZO DEL TAILLON</b>													
CINCA	Taillon	--	--	--	--	G	10	5	0,50	H	2	3	0,06
	<b>TOTAL TAILLON</b>		--	--	--		10	--	0,50		2	--	0,06
<b>MACIZO DE MONTE PERDIDO</b>													
CINCA	Marboré-Cilindro					G	35	15	5,25	G	25	10	2,50
	Monte Perdido Superior	G	388	--	--	G	10	20	2,00	G	10	18	1,80
	Monte Perdido Inferior					G	40	40	16,00	G	40	35	14,00
	Soum de Ramond SE.					H	8	10	0,80	H	5	5	0,25
	Soum de Ramond SW.	G	68	--	--	G	14	10	1,40	H	10	5	0,50
Sur	G	60	--	--	D	--	--	--	--	--	--	--	
Cilindro	G	24	--	--	D	--	--	--	--	--	--	--	
Cima de Marboré	G	16	--	--	D	--	--	--	--	--	--	--	
<b>TOTAL MONTE PERDIDO</b>		556	--	--		107	--	25,45		90	--	19,05	

TABLA 1 (cont.)

CUENCA	APARATO	SCHRADER 1894				ERHIN 1980/82				ERHIN 1991			
		TIPO	SUPERFICIE (ha)	ESPESOR MEDIO ESTIMADO (m)	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> )	TIPO	SUPERFICIE (ha)	ESPESOR MEDIO ESTIMADO (m)	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> )	TIPO	SUPERFICIE (ha)	ESPESOR MEDIO ESTIMADO (m)	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> )
<b>MACIZO DE LA MUNIA</b>													
CINCA	Robifeira	G	40	--	--	G	12	8	1,00	H	10	5	0,50
TOTAL LA MUNIA			40	--	--		12	--	1,00		10	--	0,50
<b>MACIZO DEL POSETS</b>													
CINCA	Llardana	G	52	--	--	G	24	15	3,60	G	22	12	2,60
	La Paül	G	132	--	--	G	13	10	1,30	G	12	10	1,20
	Posets	G				G	14	10	1,40	G	10	7	0,70
ESERA	Los Gemelos	G	20	--	--	GR	4	10	--	GR	4	10	--
	Espadas	G	12	--	--	D	--	--	--	-	--	--	--
TOTAL POSETS			216	--	--		55	--	6,30		48	--	4,50
<b>MACIZO DEL PERDIGUERO</b>													
ESERA	Literola	G	48	--	--	G	10	5	0,50	G	8	4	0,32
	Remufe	G	44	--	--	SD	--	--	--	H	9	5	0,45
TOTAL PERDIGUERO			92	--	--		10	--	0,50		17	--	0,77
<b>MACIZO DEL ANETO-MALADETA</b>													
	Alba	G	12	--	--	G	2	10	0,20	G	2	3	0,06
	Maladeta (*)	G	116	--	--	G	75	25	18,75	G	75	25	18,75
ESERA	Aneto (*)	G	228	--	--	G	136	25	34,00	G	130	25	33,75
	Barrancs (*)	G	52	--	--	G	18	15	2,70	G	18	15	2,70
	Tempestades (*)	G	84	--	--	G	35	20	7,00	G	30	15	4,50
NOGUERA R.	Salencas	G	48	--	--	G	12	5	0,60	G	10	4	0,40
	Cregleña N	G	24	--	--	G	10	5	0,50	H	6	4	0,24
ESERA	Cregleña S	G	28	--	--	G	5	5	0,25	H	4	4	0,16
	Coronas	G	36	--	--	G	15	7	1,05	G	12	5	0,60
	Llosás	G	32	--	--	G	6	5	0,30	H	5	4	0,20
NOGUERA R.	La Tallada	-	--	--	--	SD	--	--	--	H	10	5	0,50
TOTAL ANETO-MALADETA			692	--	--		314	--	65,35		302	--	61,86
<b>MACIZO DE BESIBERRI</b>													
NOGUERA R.	Besiberri	-	--	--	--	SD	--	--	--	HC	6	7	0,42
TOTAL BESIBERRI			--	--	--		--	--	--		6	--	0,42
TOTAL PIRINEO ESPAÑOL			1779	50	890		608	--	106,69		568	--	91,55

tabla referida, donde, además, se señalan las cuencas fluviales sobre las que se sitúa cada uno de los aparatos. El caso particular de los glaciares de Tempestades, Barrancs, Aneto y Maladeta se ha señalado con un asterisco ya que, si bien estos cuatro aparatos se emplazan en la cuenca morfológica del Esera, la realidad es que sus escorrentías (en el caso del glaciar de Maladeta, sólo de modo parcial) terminan dirigiéndose por vía subterránea hacia el Garona.

Por último en la Tabla 1 se han incluido también algunos aparatos que Schrader no estudió (o, por lo menos no cuantificó) referidos lógicamente a su estado en 1980/82 y 1991. Asimismo hemos incluido en la relación de 1991 tres aparatos menores (Remuñe, La Tallada y Besiberri) que no se habían reconocido en 1980/82. (En la relación de esos años figuran con la indicación SD, es decir, sin datos). En todos los casos se ha indicado la tipología del aparato correspondiente con estos criterios:

- Glaciar: G
- Helero: H
- Glaciar rocoso: GR
- Helero cubierto: HC

El resumen general, en cuanto a número de aparatos y sus respectivas tipologías, se recoge en la Tabla 2.

**TABLA 2**

Resumen por tipologías de los aparatos estudiados.

	1984	1980/82	1991
GLACIARES	27	27	17
GLACIARES ROCOSOS	—	2	2
HELEROS	—	6	16
HELEROS CUBIERTOS	—	1	1

De los 36 aparatos actuales, solamente tres glaciares conservan una lengua incipiente: Aneto, Maladeta y Barrancs. Los demás se pueden agrupar en los siguientes conjuntos: ocho glaciares y otros tantos heleros se reducen a pequeños nichos de forma cóncava con numerosos afloramientos del sustrato rocoso entre la masa helada; otros dos glaciares y ocho heleros se han reducido a formas laminares muy escuetas; cuatro son glaciares colgados; dos glaciares son

rocosos y, por último, hay un helero cubierto. Además, de los glaciares citados, sólo uno supera las 100 ha de superficie y únicamente 5 sobrepasan las 25 ha.

En definitiva, tal y como se desprende de lo dicho anteriormente, los glaciares del Pirineo español forman un conjunto de elementos menores que, además, se encuentran en una clara fase de retroceso. Lo cual es lógico si se tiene en cuenta que el Pirineo es un área marginal dentro del conjunto de las zonas glaciadas del hemisferio septentrional; consecuencia, a su vez, del propio carácter marginal que tuvo la Península Ibérica durante la glaciación cuaternaria.

#### 4. INNIVACION Y GLACIARISMO

Al principio de este trabajo ya se ha hecho mención a una línea de estudio abordada por nosotros recientemente. Se refiere al programa ERHIN (7).

El objetivo fundamental de este programa es la cuantificación de las aportaciones hídricas producidas por la fusión estacional-anual de nieve (2). En España, el factor nival sólo tiene importancia hidrológica en áreas de alta y media montaña. De acuerdo con ello, el programa ERHIN se ha ido estableciendo en los siguientes macizos: Pirineo (1987), Sierra Nevada (1989), Cordillera Cantábrica (1989). Las fechas hacen referencia al año en que han estado disponibles las respectivas redes de pértigas de control de la capa de nieve (2).

Hasta 1990 se ha trabajado en la puesta a punto de modelos de cuantificación de reservas estacionales de nieve-agua. Para ello se han ido contrastando las predicciones con las aportaciones posteriormente aforadas en cada tramo de río. Desde 1991 se han desarrollado, además, otro tipo de modelos más complejos. Así, hoy ya están disponibles modelos diarios de fusión —calibrados— en algunas subcuencas principales de cada uno de los tres ámbitos antes citados.

Por lo que se refiere a la relación entre la innivación y las fluctuaciones de los glaciares actuales del Pirineo español, los resultados alcanzados en el marco del programa EHRIN en el Pirineo permiten explicar algunas cuestiones de interés. Entre ellas destacan dos, como son: a) la identificación de ámbitos apropiados para el desarrollo actual de aparatos glaciares y b) la evolución glaciar en los últimos años. De ambas

cuestiones se pueden alcanzar explicaciones razonables a través del análisis de las series invernales de innivación recogidas en el período 1987-91.

Por lo que se refiere a la primera cuestión — identificación de áreas propicias al desarrollo glaciar— conviene tener presentes las figuras 3 y 4.

La figura 3 se refiere a las principales características nivales de las diversas cabeceras fluviales de la vertiente española del Pirineo. Dichas cuencas aparecen en el eje de abscisas, desde la del río Aragón al Oeste hasta las del Segre y Ter, al Este. Para comparar estas cuencas entre sí se han analizado diversos parámetros que explican la capacidad de retención nival a diferentes altitudes, de acuerdo con los valores que figuran en la tabla 3:

El análisis de estas magnitudes permite señalar las siguientes conclusiones:

— Para la cuenca del Aragón, las relaciones indicadas en la tabla (véase fig. 3) son irrelevantes, pues, aunque la retención nival puede ser importante —como luego veremos—, la falta de altitud resta caracteres de alta montaña.

— Los valores ciertamente elevados de superficie/volumen (S2700/V y especialmente S2500/V) en los Nogueras, Segre y Ter se deben a la baja relación entre la retención nival y los tamaños (grandes) de sus cuencas respectivas. Precisamente la relación entre ambas (k) muestra la falta de caracteres de alta montaña, al poner de manifiesto la mayor importancia de la

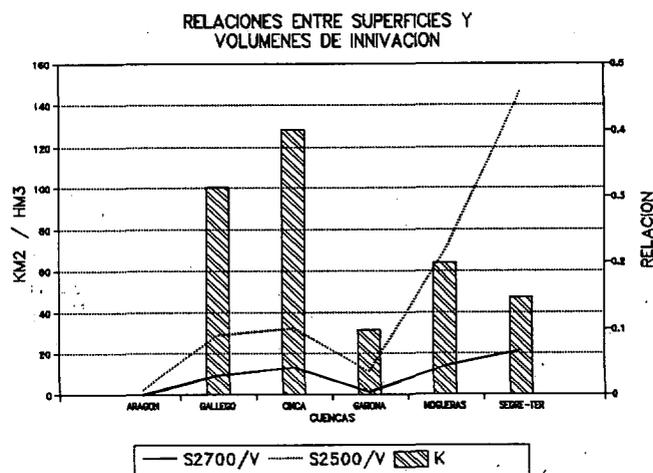


Figura 3.

TABLA 3

CUENCA	VMED (hm <sup>3</sup> )	S > 2500 (km <sup>2</sup> )	S > 2700 (km <sup>2</sup> )	S2700/V	S2500/V	K
ARAGON	109,2	2,7	0,0	0,00	2,47	0,00
GALLEGO	105,9	30,6	9,6	9,80	28,94	0,31
CINCA	511,0	166,2	66,6	32,53	32,53	0,40
GARONA	245,8	27,2	2,7	11,07	11,07	0,10
NOGUERAS	251,9	173,2	34,5	68,76	68,76	0,20
SEGRE-TER	82,7	121,1	17,8	146,46	146,46	0,15

• VMED es el valor medio del volumen de agua retenido en forma de nieve en toda la cuenca. Está calculado como promedio para los meses de abril de los años 1988-89-90 y 91.

• S > 2500 es la superficie de la cuenca por encima de la cota 2500 msnm.

• S > 2700 es la superficie de la cuenca por encima de la cota 2700 msnm.

• S 2700/V es el cociente entre S > 2700 y VMED. Indica la importancia relativa de la superficie situada a gran altitud respecto de la retención nival de la cuenca. (La cota 2700 msnm señala un valor promedio mínimo de la situación de los frentes en los glaciares actuales).

• S 2500/V tiene significado similar al anterior. Indica la contribución, a efectos de retención nival, de superficies situadas a menor altitud. Esta cota de referencia permite hacer comparaciones homogéneas en todo el Pirineo en relación con la presencia de nieve en primavera.

• K es el cociente entre S 2700/V y S 2500/V. Es un valor que indica la importancia de la retención nival en altitud respecto del resto.

retención nival en las cotas más bajas del intervalo 2500-2700.

— Destacan las cuencas del Gállego y del Cinca, con características claras de alta montaña y fuerte retención nival. Resulta lógico si se tiene en cuenta que es precisamente aquí donde se localizan los aparatos glaciares actuales, (excepción hecha de un glaciar y dos heleros que, aunque hidrográficamente pertenezcan al Noguera Ribagorzana, se emplazan muy cercanos al sector que ahora se trata).

— La cuenca del Garona queda en una posición intermedia, con valores importantes de retención nival, pero con una falta acusada de superficies a gran altitud.

Los resultados expuestos en la figura 4 apoyan estas conclusiones. Se refieren a los perfiles de innivación calculados en la medición de primavera en cada una de las cuencas anteriores. Dichos perfiles son las curvas —obtenidas por procedimientos estadísticos de regresión— que relacionan la altitud con el valor del agua retenida en forma de nieve. Los presentados corresponden a los valores medios del período 1988-89-90-91 en el mes de abril.

Pueden destacarse los siguientes aspectos:

— Importante incremento de la acumulación nival con la altitud (alto gradiente) en la cuenca del Aragón, reflejo de su carácter atlántico. Sin embargo, este resultado no tiene una representatividad real, puesto que en esta cuenca apenas se sobrepasan los 2500 msnm.

— Gradientes similares entre sí e importantes en las cuencas del Gállego, Cinca y Garona, que avalan las condiciones de gran retención nival antes citadas.

— Valores extremadamente marginales en las cuencas más orientales de los Nogueras, Segre y Ter, que muestran ya un claro predominio de caracteres climáticos mediterráneos.

De estos dos análisis puede concluirse que es únicamente en las cuencas del Gállego y del Cinca donde se dan al mismo tiempo las condiciones de elevada precipitación invernal y de suficiente altitud que permiten la existencia actual de glaciares. En el resto, ya sea la falta de precipitación (Nogueras, Segre), ya sea la menor altitud en las cumbres (Aragón, Garona) o bien ambas (Ter), imposibilitan la presencia de dinámica glaciaria actual.

Por lo que se refiere al seguimiento de la evolución glaciaria reciente (b), son expresivas las figuras 5 y 6.

La figura 5 presenta la variación de precipitaciones invernales en el último quinquenio y para el conjunto de cuencas con mayores glaciares actuales (Gállego y Cinca). Se han representado los valores correspondientes a las mediciones de enero, marzo y abril de cada año. A efectos comparativos, conviene fijar la atención en las cifras del mes de abril, puesto que supone el valor máximo de acumulación nival inmediatamente anterior al período principal de fusión.

Destaca el año 1988 como máximo en este

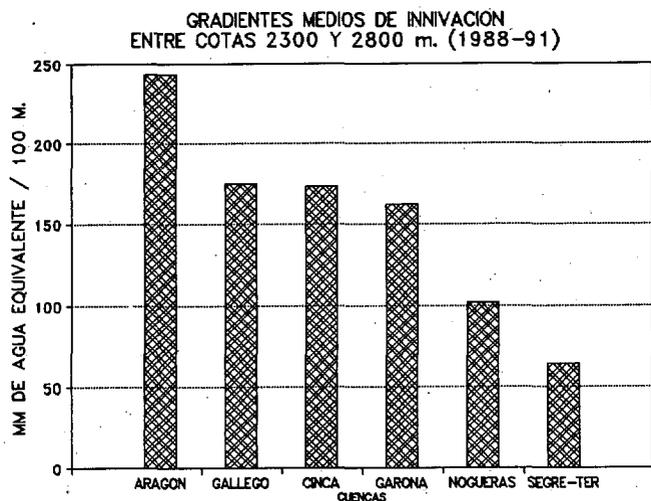


Figura 4.

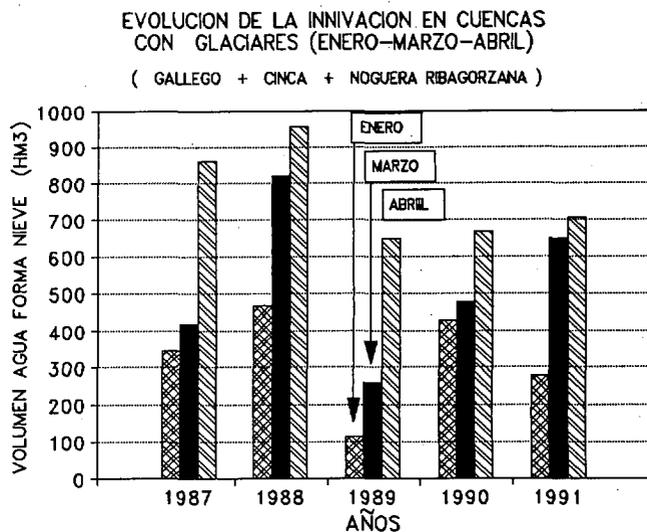


Figura 5.

período, que puede ser considerado como año medio de una serie anterior más amplia. El año 1987 resulta algo deficitario, mientras que destacan los tres últimos como altamente deficitarios. Especialmente lo son 1989 y 1990, en los que ni siquiera en marzo se disponía de un manto apreciable de nieve, por lo que tampoco cabe pensar en fusiones parciales durante el invierno.

Todo lo dicho se pone nuevamente de manifiesto en la figura 6, en la que se presenta, para cada macizo, la evolución cronológica de observaciones en abril para las balizas de control más significativas, con indicación de la altitud de cada una de ellas.

Si analizamos la evolución de las temperatu-

ras, las conclusiones que se obtienen indican un claro aumento de las condiciones desfavorables al desarrollo glaciar.

La figura 7 representa dicha evolución para un período bastante extenso (1941-85) y para dos estaciones muy significativas: Estany Gento, situada a gran altitud (2.335 msnm) y Viella, con una altitud mucho menor (980 msnm). La representación se ha realizado por quinquenios, eliminando las fluctuaciones anuales para una mayor claridad. A menor altitud (Viella) se observa una gran constancia de todos los valores, tanto estacionales como anuales. Por el contrario, a mayor altitud (Estany Gento) es muy evidente el aumento general de temperaturas, que

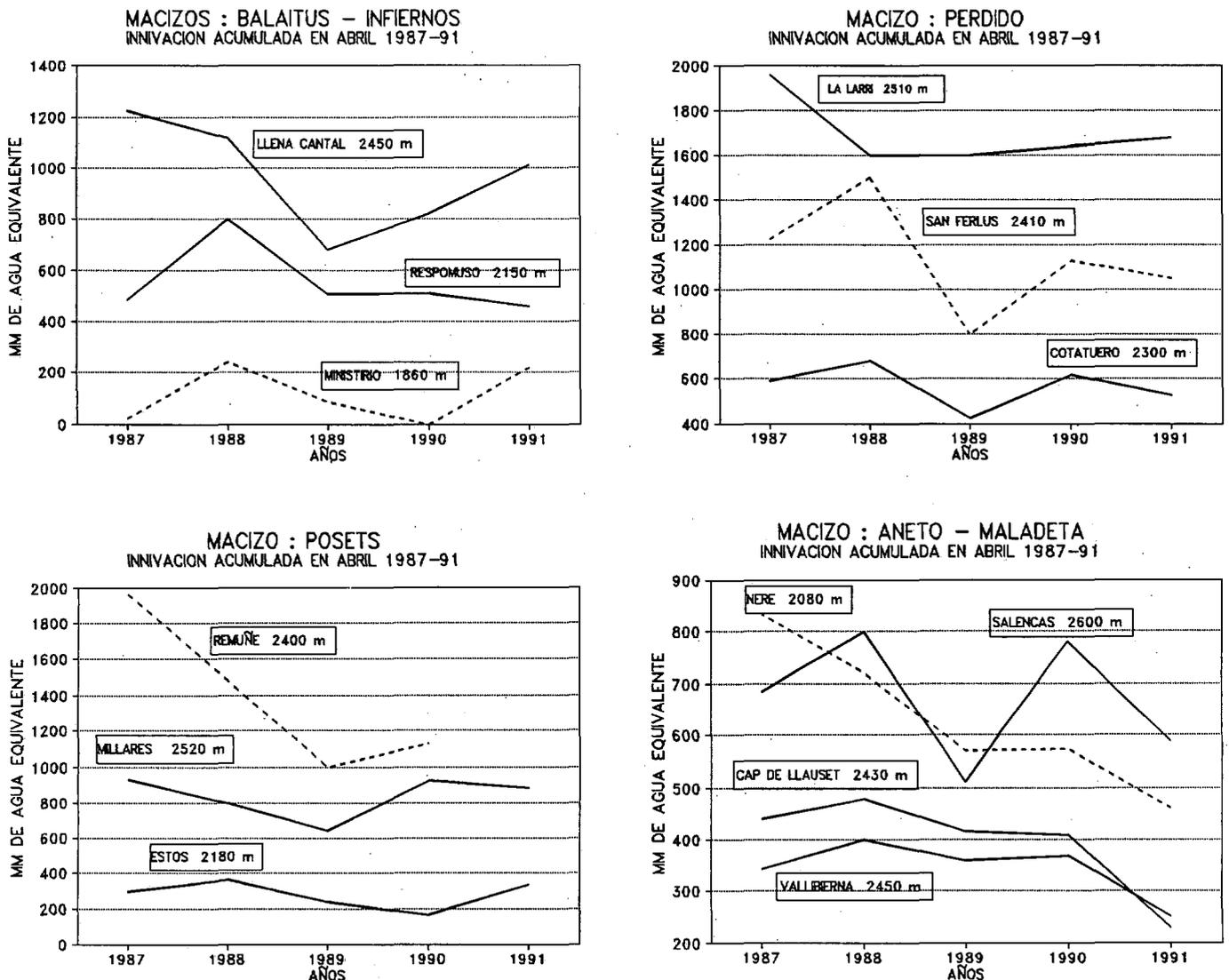


Figura 6.

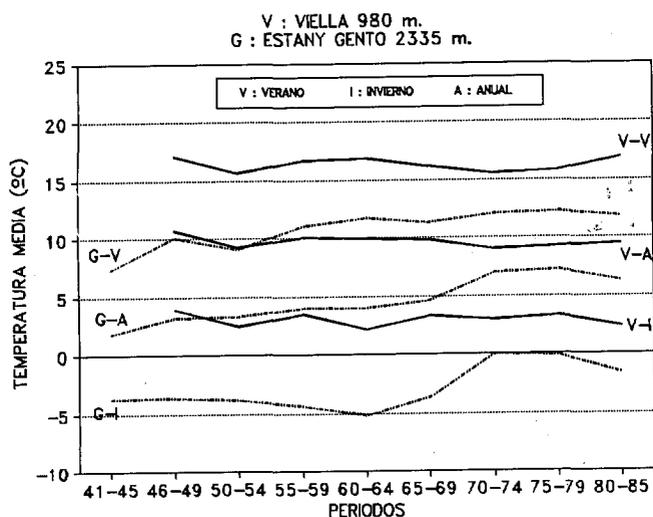


Figura 7.

puede cifrarse en unos 5°C, como media, a lo largo de los últimos 45 años.

En definitiva, los datos que se han obtenido con el desarrollo del programa ERHIN indican que durante los últimos años se viene produciendo una clara disminución de los factores alimentador y protector de la nieve en relación con los glaciares.

Esta tendencia, unida a la situación crítica en que se encontraban los glaciares del Pirineo español como consecuencia de un largo período de retroceso, explica, sin duda, la evidente pérdida de masa glaciar observada en los años más recientes.

Es evidente que, para profundizar en el conocimiento de los caracteres y de la evolución de los glaciares del Pirineo español, se requiere un seguimiento anual de todos los aparatos y de su entorno nival. Tiene también un interés especial la realización de observaciones y medidas instrumentales en algún glaciar particularmente significativo. En este sentido se ha elegido el de

La Maladeta, donde se pondrá a punto el correspondiente sistema de control a partir del próximo año. El desarrollo de todos estos trabajos se verá facilitado al poder contar con la infraestructura de que dispone el programa ERHIN, en el que han quedado integrados.

## BIBLIOGRAFIA

1. AGUDO, C., SERRANO, E. y MARTINEZ DE PISON, E.: "El glaciar rocoso activo de Los Gemelos en el macizo del Posets (Pirineo Aragonés)". *Cuaternario y Geomorfología*, 3, 1989, pp. 83-91.
2. ARENILLAS PARRA, M. y MARTINEZ COSTA, R.: "El método hidrológico-estadístico". En *La nieve en el Pirineo español*, Madrid, MOPU, 1988, pp. 99-126.
3. GAURIER, L.: *Etudes glaciaires dans les Pyrénées françaises et espagnoles de 1900 a 1909*. Pau, Garet-Haristoy, 1921, XVI+363 p.
4. MARTINEZ DE PISON, E.: "Morfología glaciar del Valle de Benasque (Pirineo Aragonés)". *Ería*, 18, 1989, pp. 51-64.
5. MARTINEZ DE PISON, E. y ARENILLAS, M.: "Los glaciares actuales del Pirineo español". En *La nieve en el Pirineo español*, Madrid, MOPU, 1988, pp. 29-98.
6. NICOLAS, P.: "Morfología del circo de Tucarroya". *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 1981, pp. 51-80.
7. PEDRERO, A.: "El Programa ERHIN". En *La nieve en el Pirineo español*, Madrid, MOPU, 1988, pp. 9-28.
8. SCHRADER, F.: "Sur l'étendue des glaciers des Pyrénées" (1894). En *Pyrénées*, Toulouse, Privat, 1936, pp. 201-221.
9. SERRANO, E. y AGUDO, C.: "La deglaciación del valle de los Ibones Azules (Panticosa)". *Cuadernario y Geomorfología*, 2, 1988, pp. 115-123.
10. SERRANO, E. y RUBIO, V.: "El glaciar rocoso activo de Las Argualas (Pirineo Aragonés)". *Ería*, 19, 1989, pp. 195-198.
11. SERRAT, D. et al: "Catálogo de los glaciares de la Península Ibérica". *Not. Geografía Física*, 3, 1980, pp. 35-55.