

**XXXIII Jornadas Científicas de la AME
Oviedo, 2014**

**EL RÉGIMEN TÉRMICO DEL SUELO Y DE LA INTERFAZ
ROCA-AIRE EN LA ALTA MONTAÑA CANTÁBRICA**

Jesús Ruiz-Fernández

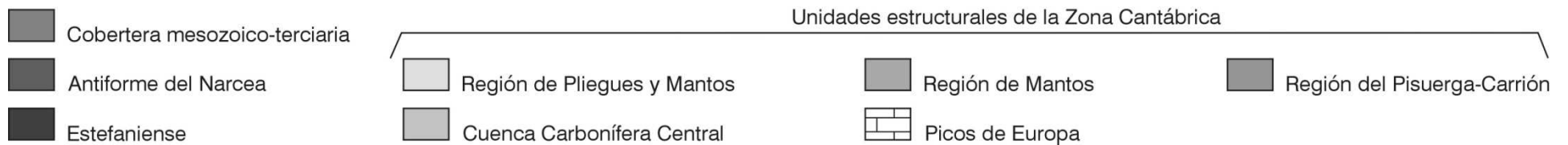
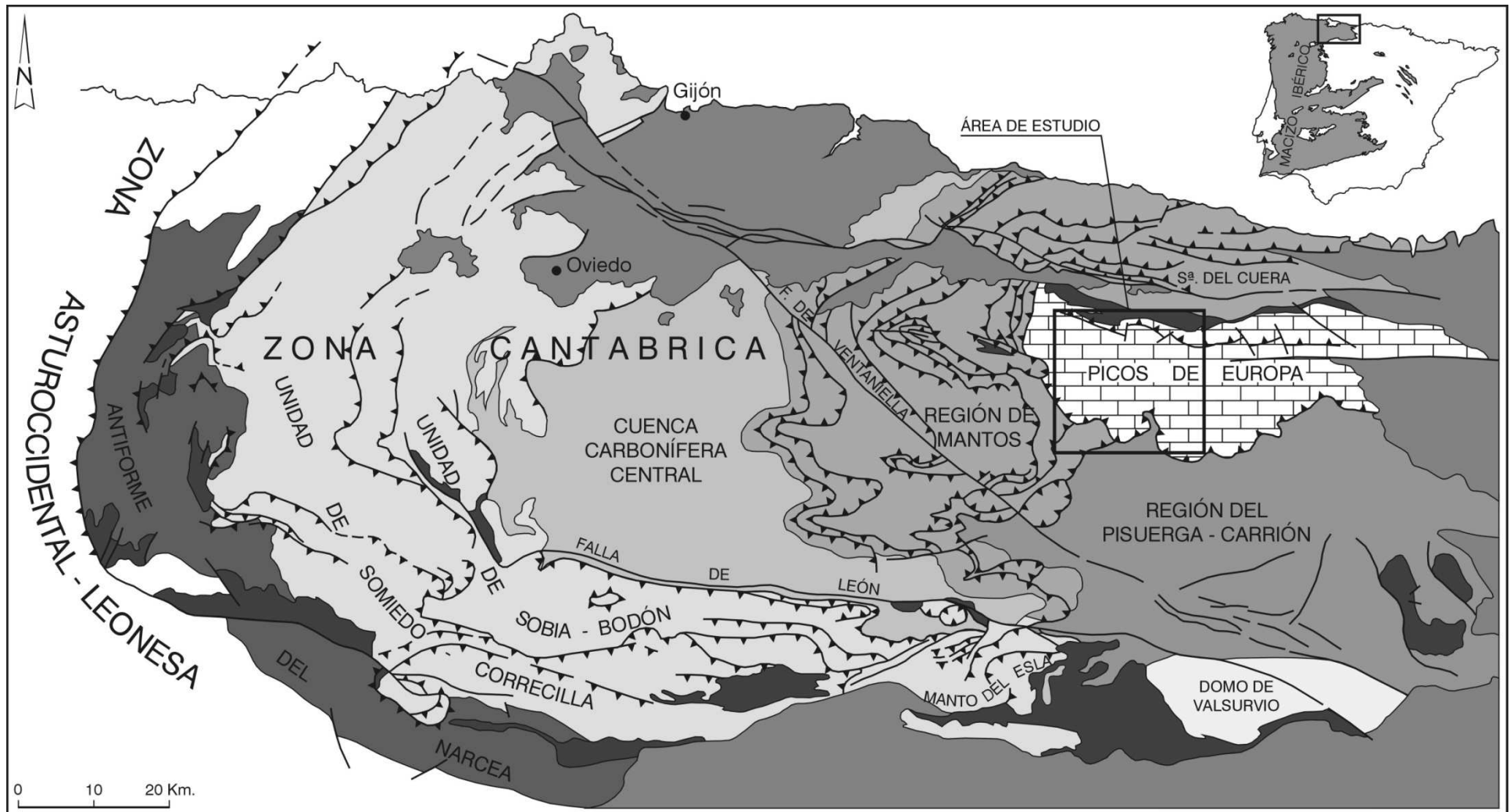
Dpto. de Geografía, Universidad de Oviedo, c/ Teniente Alfonso
Martínez, s/n, 33003, Oviedo, España, ruizjesus@uniovi.es

1. Introducción

- En los últimos años se ha producido un **avance significativo en el conocimiento de la dinámica periglacial activa** existente en los sectores montañosos más elevados de **Cordillera Cantábrica**.
- Sin embargo, los **trabajos sobre las condiciones morfoclimáticas** que posibilitan esta dinámica son **muy escasos**, destacando principalmente las aportaciones de Castañón y Frochoso (1998), Santos-González *et al.* (2009), González-Trueba y Serrano (2010) y Ruiz-Fernández *et al.* (en prensa).
- **El presente estudio se centra en el análisis de las condiciones térmicas del suelo y de la interfaz roca-aire** de uno de los espacios de alta montaña más representativos de la Cordillera Cantábrica: el **Macizo Occidental de los Picos de Europa**.
- Los **objetivos** del mismo son: 1) obtener diferentes parámetros térmicos básicos; 2) determinar la duración anual del manto nival; 3) cuantificar el número de ciclos de hielo-deshielo generados; 4) establecer el régimen térmico anual del suelo y de las paredes rocosas.



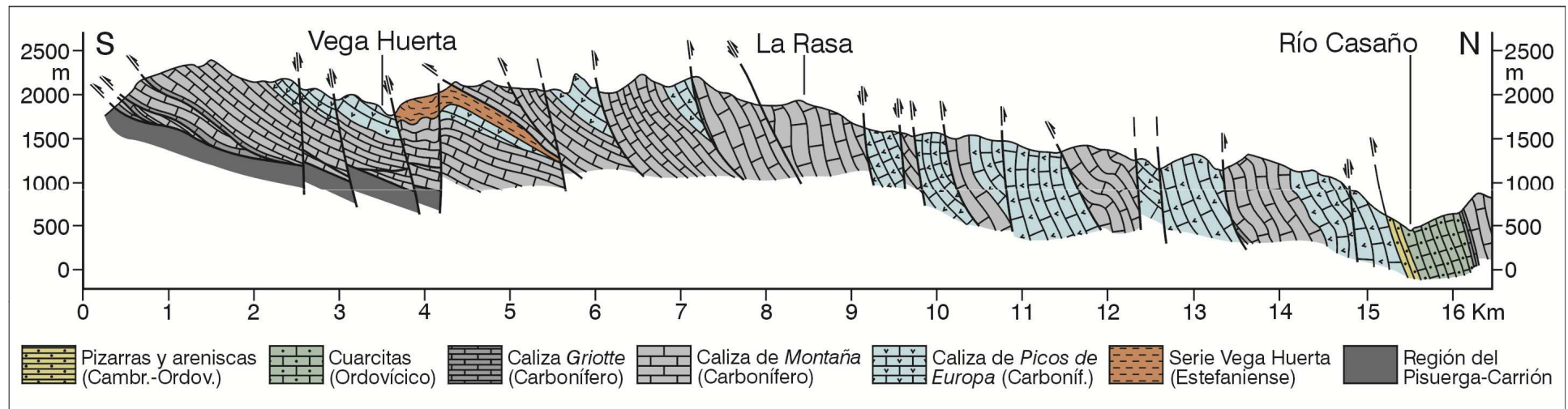
Vista general del Macizo del Cornión. Se trata de un ámbito de relieve enérgico, abrupto, en el que las cimas, de formas agudas, alternan con profundas depresiones labradas a favor de la red de fracturas. En los bordes E y O la alta montaña enlaza con el fondo de las gargantas adyacentes a través de empinadas canales que siguen igualmente las pautas estructurales. En el centro de la imagen destaca sobre el resto la cumbre de Peña Santa de Castilla.



Unidades estructurales de la Zona Cantábrica (basado en Julivert, 1983 y 1983, Rodríguez Fernández, 1983 y Marquínez, 1989).

- El Macizo Occidental de los Picos de Europa está integrado **básicamente** por **calizas del Carbonífero**.
- Tipos de calizas del Carbonífero:
 - ❖ **Caliza Griotte** (Viseense inferior – Namuriense inferior). Escasamente representada.
 - ❖ **Caliza de Montaña: Fm. Barcaliente + Fm. Valdeteja** (Namuriense A – Westfaliense A inferior). Muy abundante.
 - ❖ **Calizas de Picos de Europa** (Westfaliense B – Cantabriense). Muy abundante.
 - ❖ **Calizas bioclasticas negras** en la canal de Capozo (**Estefaniense**). Escasamente representada.
- **Por el N** (**cuarcitas ordovícicas** de la **Fm. Barrios** y **lutitas, areniscas, calizas** y carbón de la **Fm. Cavandi**, perteneciente a la **cuenca estefaniense de Gamonedo-Cabrales-Panes**).
- **Por el S** **lutitas, areniscas, conglomerados silíceos y brechas calcáreas** del **Carbonífero** de la **Región del Pisuerga-Carrión** sobre las que cabalgan las calizas de la Región de Picos de Europa.

- Fruto de la tectónica las calizas carboníferas forman sucesivas **escamas cabalgantes de vergencia Sur y de rumbo aproximado ONO-ESE.**



Corte geológico del Macizo Occidental de los Picos de Europa (simplificado de Farias, 1982).

N-S

Peña Santa (2.596 m)

Piedras Lluengas
(2.294 m)

Macizo Central

El Boquete
(2.015 m)

Organización morfoestructural característica de los Picos de Europa, con dorsos de fuerte pendiente hacia el N y abruptos frentes hacia el Sur.

- Este almacén ha sido profundamente transformado por la **disolución kárstica**, el **glaciarismo cuaternario**, los **procesos fluviotorrenciales**, y retocado por la dinámica periglacial relictas y actual.
- Desde el punto de vista climático la **alta montaña del macizo** está definida por **precipitaciones muy abundantes, > 2.000 mm/año** y en gran parte en forma de **nieve**, y por **temperaturas bajas**.
- **Isoterma anual de 0 °C en la región entre 2.400 y 2.500 m** de altitud (Muñoz-Jiménez, 1982).
- En los Picos de Europa se registran unos **85 días anuales de precipitaciones nivales, que representarían el 70% del volumen pluviométrico total** (Muñoz-Jiménez, 1982).
- Según la clasificación de Köppen la alta montaña de los Picos de Europa tiene un **clima de tipo Dfsc** (Muñoz-Jiménez, 1982).



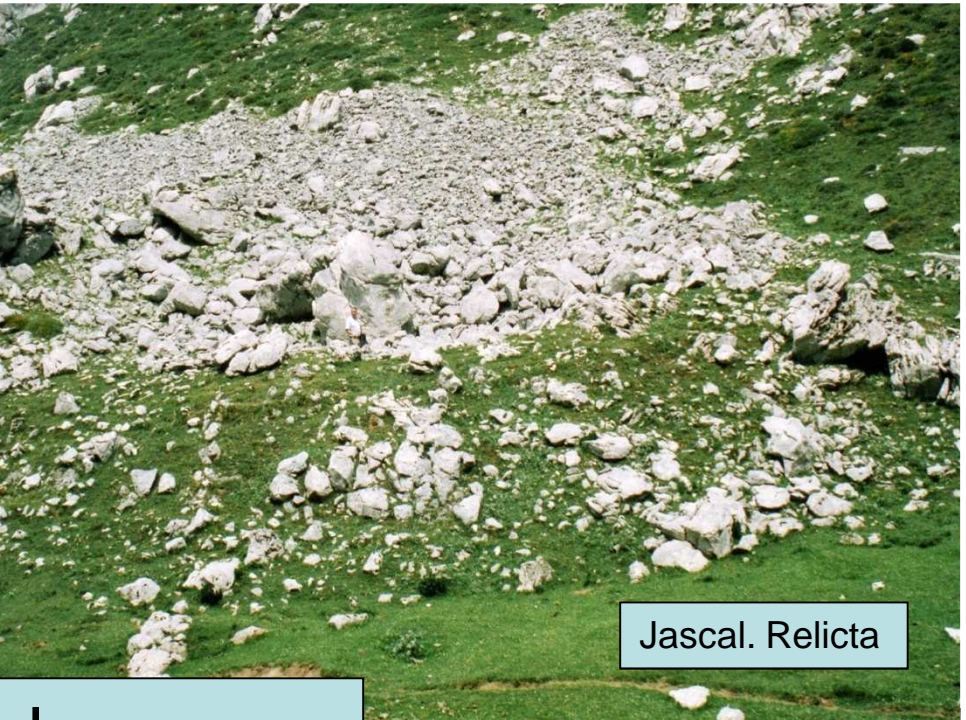
Primeras nieves del otoño de 2010 sobre el Jou de los Asturianos y la cara Norte de Peña Santa de Castilla

Procesos y formas asociadas al factor frío y la nieve

- **Gelifracción:** taludes y conos de derrubios (formas complejas, intervienen más procesos: aludes, soliflucción, *debris flows*, etc).
- **Nivación:** aludes (canales y conos), morrenas de nevero.
- **Movimientos en masa rápidos:** *debris flows*.
- **Movimientos en masa lentos:** lóbulos de soliflucción, terracillas, bloques aradores, agujas de hielo.
- **Crioturbación:** círculos de piedras, suelos estriados, montículos de hielo (helero de la Forcadona).



El Cerro. Morrena de nevero relictada



Jascal. Relictada

Morrenas de nevero



Jou de los Asturianos. Es Activa



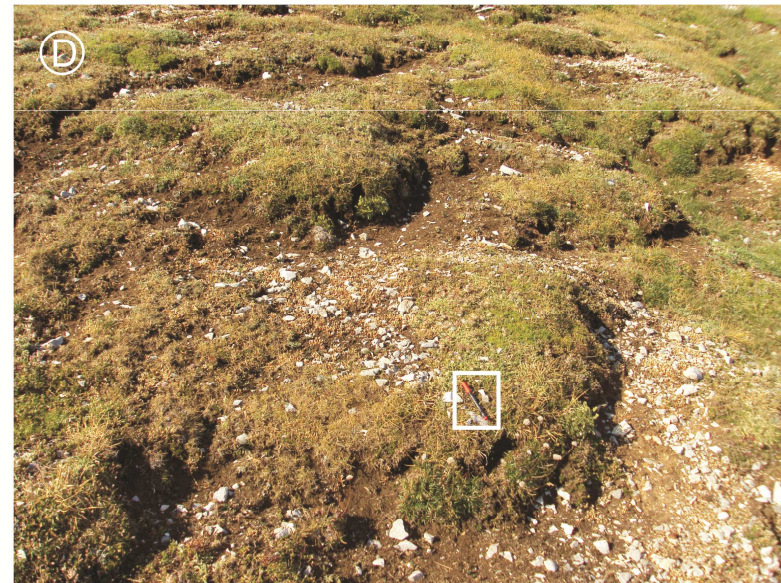
La Llerona. Semiactiva



Flujos de derrubios



Flujos de derrubios generados en la Forcadona a consecuencia de un episodio tormentoso acontecido la noche del 4 al 5 de septiembre de 2011. Los flujos se desencadenaron en aquellas áreas de la pedrera que recubre el fondo del circo que ya no estaban protegidas por el nevero en esas fechas. En el recuadro superior derecho se aprecia cómo el material movilizado estaba todavía empapado de agua.



Diversos ejemplos de lóbulos de soliflucción. (A) En el Frade, junto a la red de surcos de arroyada labrados a favor de pizarras de edad Estefaniense, destaca la abundancia de soliflujiones, generadas a favor de las arcillas provenientes de la desagregación de las pizarras y a la abundancia de agua, pudiendo observarse numerosos lóbulos y formas arqueadas. (B) Lóbulo de derrubios en las inmediaciones de la Torre de la Canal Parda. (C) Grandes lóbulos en la Vega de Aliseda. (D) Detalle de varios lóbulos situados en la vertiente N de los Moledizos.



Terracillas de solifluxión en una pedrera de las inmediaciones de la Horcada de Las Pozas



Bloques aradores en la parte proximal de la pedrera desarrollada a los pies de la cara W de la Cumbre de Cebollera (A), en el Jou Santo (B) y entre el Collado Santo y la Fuente las Balas (C). Además del abultamiento de materiales finos característico del frente y los laterales del bloque, en el primer ejemplo se observa nítidamente el surco posterior generado por el desplazamiento, remarcado en este caso por la nieve.



(A y B) Círculos de piedras incipientes en Peña Santa de Castilla (orientación N, 2.270 m de altitud) y la Forcadona (C y D), en este caso en exposición N y a 2.220 m s.n.m.



estriados incipientes en las cercanías de la Torre Bermeja (Arriba izquierda), y al N de Torre Parda (resto de fotos).

3. Metodología

- **Análisis térmico del suelo (10 cm de profundidad / 50 cm) y del contacto roca-aire en paredes rocosas subverticales.**
- Instalación de termorregistradores **Hanna** modelo **HI141BH** (con **sonda externa** para medir la temperatura del suelo) **(A)**, y modelo **HI141AH** (con **sonda interna** para medir la temperatura del aire) **(B)**, todos ellos con una precisión de $\pm 0,4^{\circ}$ C.
- Situados **en enclaves con condiciones topoclimáticas y geomorfológicas variadas**. Programados para tomar **datos cada 2 horas entre 2005 y 2011**.
- Uno de los parámetros más interesantes \rightarrow **Cálculo de ciclos de hielo-deshielo** \rightarrow entendidos como la **alternancia de la temperatura por encima, por debajo y nuevamente por encima de 0° C**, ya que en numerosas ocasiones ésta baja hasta 0° C pero no sobrepasa dicha cifra, y viceversa.



4. Resultados y discusión

Datos generales de los termorregistradores

Estación	Altitud	Orientación	Contexto geomorfológico	Periodo temporal	Tipo	Profundidad / altura	Total medidas
Llerosos1	1.680 m	Este	Talud de derrubios	06/11/2005 a 21/10/2006	Temp. suelo	-10 cm	4.193
Llerosos2	1.780 m	Este	Derrubios culminantes	06/11/2005 a 21/10/2006	Temp. suelo	-10 cm	4.193
Jou Santo	2.020 m	Sur	Manto de derrubios	16/10/2005 a 16/10/2006	Temp. suelo	-10 cm	4.380
Cemba Vieya1	2.190 m	Norte	Morrena tardiglaciár	16/10/2005 a 16/10/2006	Temp. suelo	-10 cm	4.380
Cemba Vieya2	2.250 m	Norte	Morrena PEH	16/10/2005 a 16/10/2006	Temp. suelo	-10 cm	4.380
Asturianos	2.120 m	Sur	Till sobre umbral	22/10/2006 a 19/07/2007	Temp. suelo	-10 cm	3.238
Forcadona1	2.227 m	Norte	Helero cubierto	04/11/2006 a 04/11/2007	Temp. suelo	-10 cm	4.380
Forcadona2	2.227 m	Norte	Helero cubierto	04/11/2006 a 04/11/2007	Temp. suelo	-50 cm	4.380
Peña Santa	2.360 m	Norte	Derrubios en rellano	22/10/2006 a 04/04/2008	Temp. suelo	-10 cm	6.360
Forcadona3	2.235 m	Noroeste	Talud de derrubios	03/11/2007 a 03/11/2009	Temp. suelo	-10 cm	8.772
Forcadona4	2.235 m	Norte	Talud de derrubios	11/11/2007 a 11/11/2009	Temp. suelo	-10 cm	8.772
Balas1		Noroeste	Pared rocosa	04/11/2007 a 24/10/2009	Temp. interfaz roca aire	+4 cm / +10 m	8.626
Forcadona5	2.215 m	Noroeste	Pared rocosa	04/11/2007 a 24/10/2011	Temp. interfaz roca aire	+4 cm /+16 m	17.386
Forcadona6	2.262 m	Norte	Talud de derrubios	24/10/2009 a 24/10/2011	Temp. suelo	-10 cm	8.760
Forcadona7	2.236 m	Norte	Morrena PEH	24/10/2009 a 24/10/2011	Temp. suelo	-10 cm	8.760
Forcadona8	2.215 m	Noroeste	Pared rocosa	25/10/2009 a 25/10/2011	Temp. interfaz roca aire	+4 cm /+18 m	8.760

Características térmicas de las estaciones analizadas. Temperatura media anual (TM), temperatura máxima absoluta (TMA), temperatura mínima absoluta (TMI), ciclos de hielo-deshielo (CHD), duración del manto nival en meses (DMN).

Estación	2005/2006					2006/2007				
	TM	TMA	TMI	CHD	DMN	TM	TMA	TMI	CHD	DMN
Llerosos1	5,511	16,4	0,2	0	6					
Llerosos2	6,812	22,2	0,3	0	6					
Jou Santo	3,706	24,8	-1,8	1	8					
Cemba Vieya1	4,514	25,6	0,1	0	7					
Cemba Vieya2	3,276	17,5	-0,5	3	8					
Asturianos						-----	21,5	-3,9	9	5 dis
Forcadona1						-0,036	2,9	-3,3	16	11
Forcadona2						0,068	1,2	-0,9	5	11
Peña Santa						2,362	13,8	-0,7	8	7

Estación	2007/2008					2008/2009				
	TM	TMA	TMI	CHD	DMN	TM	TMA	TMI	CHD	DMN
Peña Santa	-----	3,3	-6,3	3	-----					
Forcadona3	0,827	15,3	-5,5	6	8,5	0,416	0,5	0,3	0	12
Forcadona4	0,430	10,3	-5,1	12	8,5	0,094	0,1	-0,3	2	12
Balas	4,27	25,8	-10,6	119	-----	3,162	23	-8,7	24	5
Forcadona5	3,504	26,6	-12	130	-----	2,267	21,6	-8,5	21	6

Estación	2009/2010					2010/2011				
	TM	TMA	TMI	CHD	DMN	TM	TMA	TMI	CHD	DMN
Forcadona5	3,003	23,4	-14,3	63	-----	3,413	22,9	-12,4	37	-----
Forcadona6	0,738	9,6	-3,5	5	9,5	1,738	15,2	-2,4	2	8,5
Forcadona7	0,800	12,8	-3,5	3	9	2,410	13,8	-0,5	1	8
Forcadona8	3,383	19,1	-7,3	36	-----	3,797	18,3	-7,6	14	5,5 dis

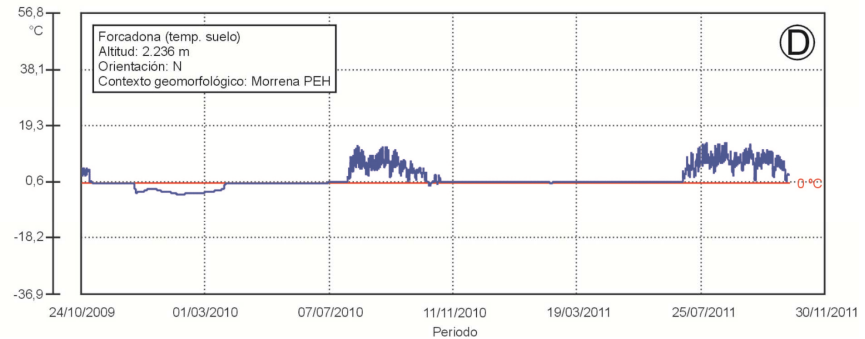
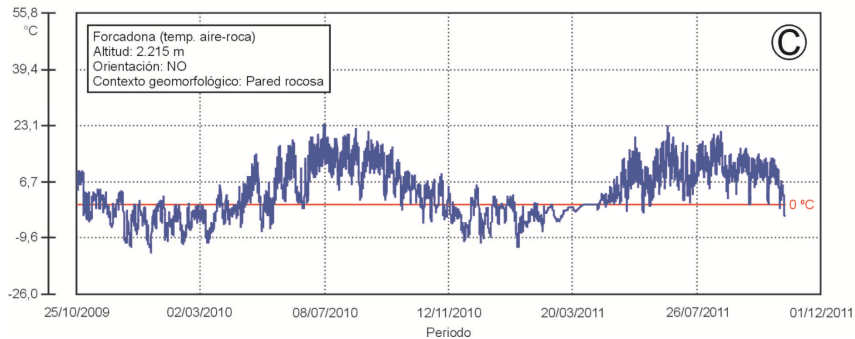
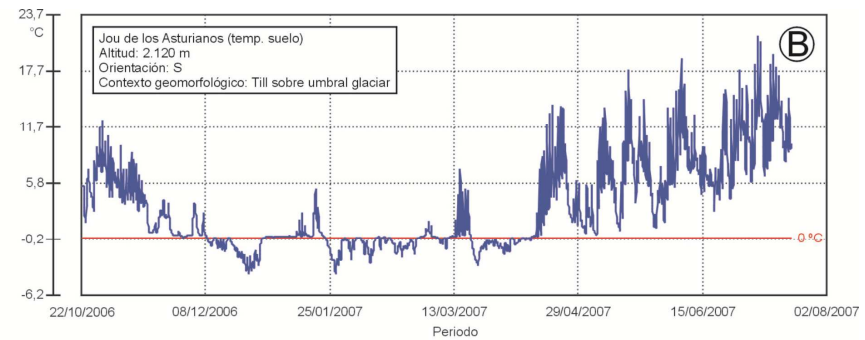
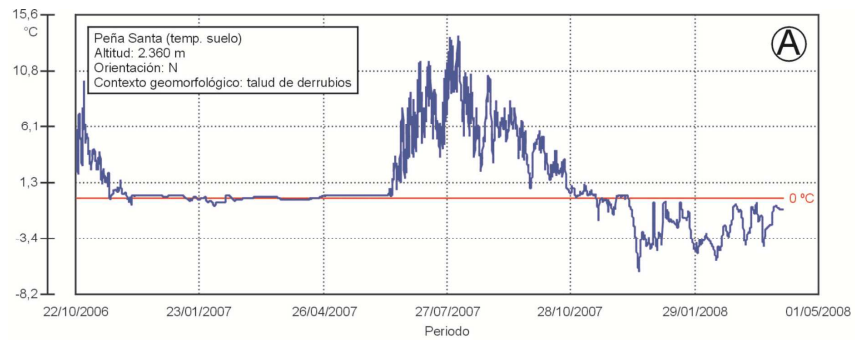
- Temperaturas **medias anuales de suelo** entre **6,8 y -0,04 °C**.
- Temperaturas **medias anuales del contacto roca-aire** de entre **4,3 y 2,3 °C**.
- Temperaturas **mínimas absolutas del suelo poco bajas** → de **0,3 a -6,3 °C** (**efecto aislante manto nival**).
- Temperaturas **mínimas absolutas del contacto roca-aire** → **-7,3 a -14,3 °C**.
- **Duración media manto nival de 8 meses** (**variaciones importantes interanuales y de localización** en función de la altitud, la topografía y la orientación).
- **Escasos ciclos de hielo-deshielo en el suelo** → **0 a 16 al año** (**papel protector de la nieve**).
- De **30 a 60 ciclos en afloramientos rocosos** no protegidos por manto nival, e incluso **130 en 2007/2008**.
- **Ciclos de hielo-deshielo fundamentalmente diarios**.

[1] Duración del manto nival de 5 meses, pero de forma discontinua.

[1] 5,5 meses cubierto por la nieve pero de forma discontinua.

[1] Colocado en pared rocosa a + 10m, pero fue tapado por la nieve.

[2] Colocado en pared rocosa a + 16m, pero fue tapado por la nieve.



□ **2 fases principales a lo largo del año en el régimen térmico del suelo de la alta montaña:**

1. **Fase de deshielo continuado** → desde finales de la primavera o inicios del verano a mediados del otoño / **oscilación térmica entre el día y la noche / ausencia de ciclos de hielo-deshielo.**
2. **Fase de homotermia** → la más prolongada. Se extiende de mediados del otoño a finales de la primavera o incluso avanzado el verano / **presencia de la cubierta nival**, que aísla el suelo de la influencia térmica atmosférica / generación de **ciclos de hielo-deshielo vinculados a desequilibrios o discontinuidades en el manto de nieve**
3. Habitualmente también hay **una o dos fases de transición de corta duración** entre ambas.

□ **Solamente 2 fases térmicas anuales en las paredes rocosas:**

1. **Fase de deshielo continuado** → finales de la primavera o comienzos del verano a mediados del otoño
2. **Fase de abundancia de ciclos de hielo-deshielo** → resto del año.

5. Conclusiones

- La **alta montaña del Macizo Occidental de los Picos de Europa** se caracteriza por unas **condiciones climáticas rigurosas**, con **temperaturas medias anuales del suelo y del contacto roca-aire bajas** y abundantes precipitaciones, en gran medida en forma de nieve.
- El **manto nival perdura unos 8 meses de media**, aunque con importantes variaciones interanuales y en función de la localización.
- La **cubierta nival aísla al suelo de la temperatura del aire**, lo que determina la **escasez de ciclos de hielo-deshielo en las formaciones superficiales**.
- En cambio, **éstos son mucho más abundantes en las paredes rocosas**.
- Existencia de **regímenes térmicos anuales contrastados entre el suelo y los afloramientos rocosos verticalizados**.
- **Bajo este ambiente climático** se desarrolla una **activa morfodinámica periglacial relacionada con la evolución anual del manto nival**, así como **con la formación de hielo en el suelo y los afloramientos rocosos** a tenor de **ciclos principalmente diarios**.