

**DINÁMICA COMPARADA DE LOS GLACIARES ROCOSOS DE DOESEN
(ALPES AUSTRIACOS), POSETS (PIRINEOS CENTRALES) Y CORRAL
DEL VELETA (SIERRA NEVADA) EN EL PERIODO 2001-2009**



José Juan de Sanjosé Blasco
Alan Atkinson Gordo

Viktor Kaufmann

Antonio Gómez Ortiz
Ferrán Salvador Franch

Enrique Serrano Cañadas

Juan José González Trueba

Universidad de Extremadura

Universidad de Graz

Universidad de Barcelona

Universidad de Valladolid

Universidad del País Vasco

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

2. MARCO GEOGRÁFICO

2. 1. Glaciar rocoso de Doesen (Alpes Austriacos)

2. 2. Glaciar rocoso de Posets (Pirineos Centrales)

2. 3. Glaciar rocoso del Corral del Veleta (Sierra Nevada)

3. METODOLOGÍA

3. 1. Datos térmicos

3. 2. Control geodésico

4. RESULTADOS

4. 1. Glaciar rocoso de Doesen (periodos 2001-2002 y 2004-2008)

4. 2. Glaciar rocoso de Posets (año 2001 y periodo 2005-2008)

4. 3. Glaciar rocoso del Corral del Veleta (periodo 2001-2008)

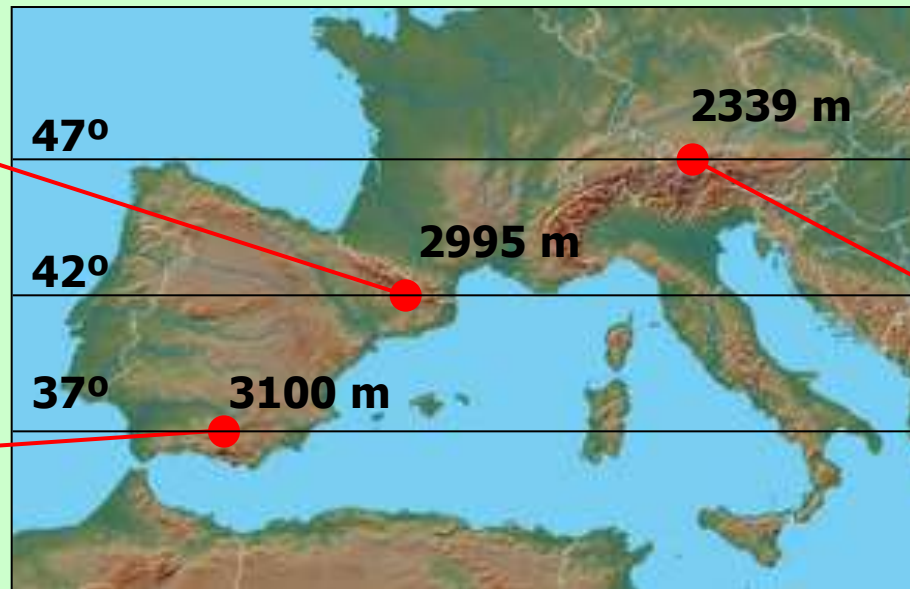
5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6. CONCLUSIONES

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

- **Análisis de los glaciares informan del cambio climático:**
 - **Final de la década de los 80: Docena de glaciares rocosos.**
 - **Actualidad: Más de 100 glaciares rocosos.**
- **Datos geomáticos de nuestros glaciares (2001-2009):**
 - **Doesen (Alpes austriacos): No hay datos del 2003.**
 - **Posets (Pirineo central): No hay datos 2002, 2003 y 2004.**
 - **Corral del Veleta (Sierra Nevada): Continuo, julio y agosto.**
- **Técnicas geomáticas empleadas:**
 - **Datos puntuales anuales (varillas): Estación total, GPS.**
 - **Cartografía: Fotogrametría y láser escáner (futuro).**

- **Datos térmicos (2001-2009):**
 - Torre de termómetros en el Corral del Veleta.
- **Objetivo del estudio:**
 - Comparación de la dinámica (planimetría y altimetría).
 - Análisis de la dinámica con los datos térmicos del Veleta.
 - **¿Son extrapolables los datos térmicos a otros glaciares?.**



2. MARCO GEOGRÁFICO

2. 1. Glaciar rocoso de Doesen (Alpes Austriacos)

- **Características físicas:**

- **Latitud: 46° 59' 12'' N.**
- **Altitud del frente: 2339 m.**
- **Dimensiones: longitud 1000 m y anchura 200 m.**
- **Orientación: Este.**
- **Espesor medio del hielo: 35 m.**

- **Análisis geomático:**

- **Geodesia: Medición de 34 puntos. 2001-2009 (NO:2003).**
- **Fotogrametría: Cartografía.**

2. 2. Glaciar rocoso de Posets (Pirineos Centrales)

- **Características físicas:**

- **Latitud: 42° 39' 32'' N.**
- **Altitud del frente: 2995 m.**
- **Dimensiones: longitud 400 m y anchura 200 m.**
- **Orientación: Noreste.**

- **Análisis geomático:**

- **Geodesia: Medición de 10 puntos. 2001-2009 (NO: 2002, 2003 y 2004).**
- **Técnica: Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.).**

2. 3. Glaciar rocoso del Corral del Veleta (Sierra Nevada)

- **Características físicas:**

- **Latitud: 37° 03' 33'' N.**
- **Altitud del frente: 3100 m.**
- **Dimensiones: longitud 130 m y anchura 30 m.**
- **Orientación: Noroeste.**
- **Espesor medio del hielo: 10 m.**

- **Análisis geomático:**

- **Geodesia: Medición de 27 puntos. 2001-2009 con dos medidas anuales (julio y agosto) y análisis del frente.**
- **Fotogrametría: Cartografía a escala 1/2000.**

3. METODOLOGÍA

3. 1. Datos térmicos

- **Torre de termómetros (Corral del Veleta):**
 - Año de la instalación: 2001.
 - Profundidades de los sensores (cm): -15, -40, -90.
 - Fechas interesantes: Mayo-Junio-Julio-Agosto.
- **Instalación en Doesen y Maladeta (cercano al Posets).**

Annual period	2001 - 2002	2002 - 2003	2003 - 2004	2004 - 2005	2005 - 2006	2006 - 2007
Depth (cm)						
May (°C)						
June (°C)						
July (°C)						
August (°C)						
Number days > 0 °C						
Number days > 10 °C						
Qualitative value	MODERATED	MODERATED	COLD	WARM	MODERATED HIGH	MODERATED DOWN

3. 2. Control geodésico

- **Técnicas geodésicas:**
 - Desde puntos fijos observación a puntos en el glaciar.
 - Toma de datos con estación total o GPS.
 - Resultados de la planimétrica (X, Y) y altimétrica (Z).
 - Error en la posición: ± 3 cm.



4. RESULTADOS

4. 1. Glaciar rocoso del Doesen (periodos 2001-2002 y 2004-2008)

- **Control geodésico:**
 - **Estaciones fijas: 7.**
 - **Puntos de control: 37.**

POINTS	2001-2002	2002-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
Front (5,7,8)	26.6 / -6.3	29.0 / -6.3	26.5 / -4.5	19.3 / -2.1	20.6 / -4.5	19.5 / -4.2
Centre (14,15,16,21,22)	30.8 / -11.1	38.9 / -13.2	36.5 / -12.6	31.9 / -8.8	30.0 / -9.2	29.7 / -10.9
Root (32,34)	16.0 / -12.2	24.2 / -15.8	20.5 / -11.6	18.1 / -9.9	20.1 / -13.6	15.1 / -11.9

- **Explicación tabla anterior:**
 - **Periodo bi-anual de menor movimiento: 2002-2004.**
 - **Movimiento Planimetría > Altimetría.**
 - **Movimiento Centro > Frente > Cola, para cada año.**
 - **¿Influencia térmica pequeña?: Respuesta similar anual.**

4. 2. Glaciar rocoso de Posets (año 2001 y periodo 2005- 2008)

- **Control geodésico:**
 - **Estaciones fijas: 2.**
 - **Puntos de control medidos con GPS: 10.**

POINTS	2001-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
Front (2,4,6)	43.9 / -27.3	7.6 / -10.0	11.3 / -12.2	6.9 / -3.7
Centre (5,7,10)	40.8 / -18.8	8.0 / -10.5	12.7 / -9.2	7.2 / -4.3
Root (8,9)	36.5 / -32.7	7.5 / -12.5	13.7 / -17.7	7.9 / -5.2

- **Explicación tabla anterior:**
 - **Planimetría > Altimetría. Menor magnitud que Doesen.**
 - **Movimiento Frente \approx Centro \approx Cola, para cada año.**
 - **Comportamiento similar a otros glaciares del Pirineo.**

4. 3. Glaciar rocoso del Corral del Veleta (periodo 2001-2008)

- **Control geodésico:**
 - Estaciones fijas: **3.**
 - Puntos de control medidos con Estación total y GPS: **27.**

POINTS	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
Front (2,3,6)	8.0 / -17.3	13.9 / -35.5	3.7 / -11.0	24.9 / -63.9	18.6 / -46.6	19.5 / -47.00	11.7 / -43.5
Centre (10,11,12,13)	2.2 / -18.1	4.5 / -29.4	2.1 / -8.9	11.6 / -81.8	5.7 / -46.6	13.5 / -41.8	5.6 / -37.9
Root (20,21)	40.7 / -63.2	39.4 / -63.6	21.5 / -35.6	60.8 / -97.3	40.2 / -71.8	46.2 / -57.6	36.0 / -64.8

- **Explicación tabla anterior:**
 - **Planimetría << Altimetría. ¿Fase previa a "INACTIVO"?**
 - **Movimiento Cola > Frente > Centro, para cada año.**
 - **Cola del glaciar tiene gran pendiente y provoca un movimiento no homogéneo.**
 - **Particularidad: HUNDIMIENTO > DESPLAZAMIENTO.**

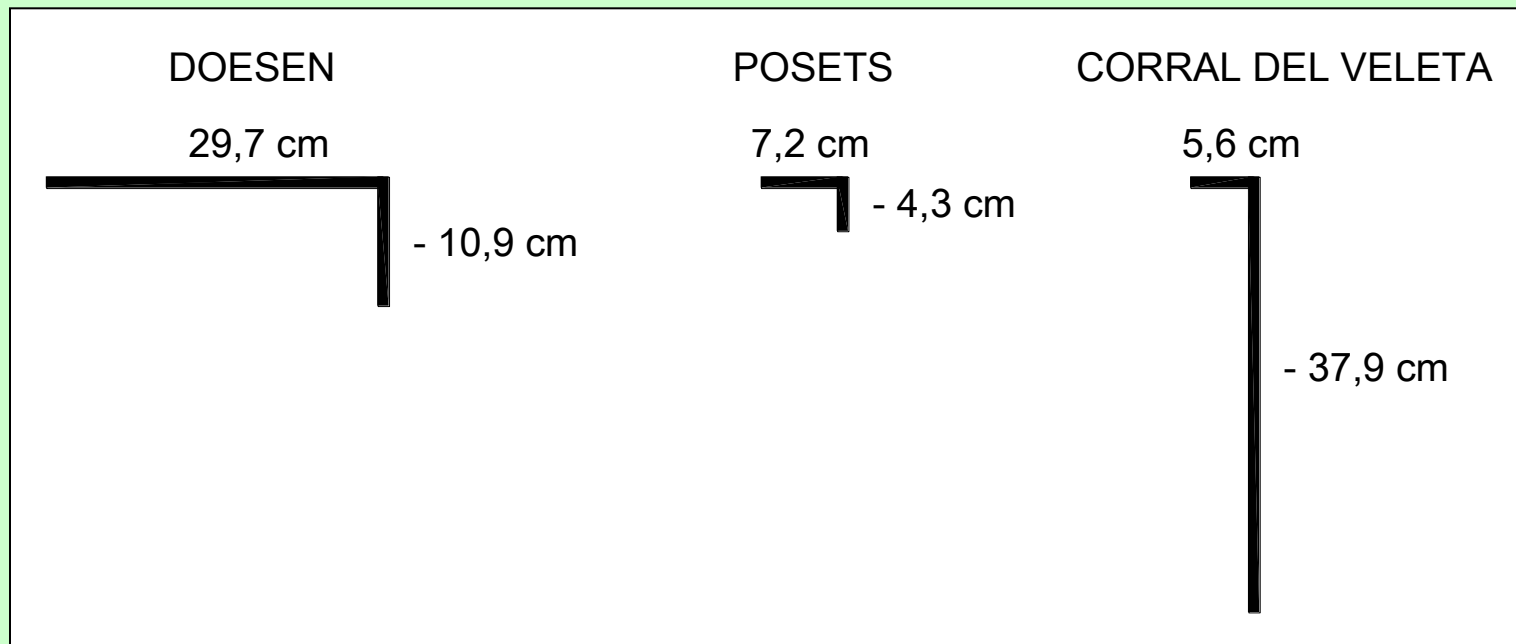
- **Explicación comparativa datos dinámicos y térmicos:**
 - **Coincidencia de los datos geodésicos y térmicos:**
 - **Menor dinámica: 2003-2004.**
 - **Mayor dinámica: 2004-2005.**
 - **Datos térmicos invernales influencia pequeña.**
 - **Años calurosos provoca mayor hundimiento.**

POINTS	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
Front (2,3,6)	8.0 / -17.3	13.9 / -35.5	3.7 / -11.0	24.9 / -63.9	18.6 / -46.6	19.5 / -47.00	11.7 / -43.5
Centre (10,11,12,13)	2.2 / -18.1	4.5 / -29.4	2.1 / -8.9	11.6 / -81.8	5.7 / -46.6	13.5 / -41.8	5.6 / -37.9
Root (20,21)	40.7 / -63.2	39.4 / -63.6	21.5 / -35.6	60.8 / -97.3	40.2 / -71.8	46.2 / -57.6	36.0 / -64.8

Annual period	2001 - 2002			2002 - 2003			2003 - 2004			2004 - 2005			2005 - 2006			2006 - 2007		
	-15	-40	-90	-15	-40	-90	-15	-40	-90	-15	-40	-90	-20	-50	-100	-20	-50	-100
Depth (cm)	-15	-40	-90	-15	-40	-90	-15	-40	-90	-15	-40	-90	-20	-50	-100	-20	-50	-100
May (°C)	-2,4	-2,7	n. d.	n. d.	-0,4	-0,3	-0,9	n. d.	-1,3	1,3	n. d.	0,6	-0,1	-0,2	n. d.	-0,9	-1,0	n. d.
June (°C)	-2,3	-2,7	n. d.	n. d.	-0,2	-0,1	-0,1	n. d.	-0,3	9,1	n. d.	5,9	3,1	2,4	n. d.	0,1	-0,1	n. d.
July (°C)	6,5	4,5	n. d.	n. d.	4,2	2,4	-0,1	n. d.	-0,3	13,4	n. d.	9,2	12,0	10,1	n. d.	10,5	8,3	n. d.
August (°C)	11,5	9,4	n. d.	n. d.	11,2	8,1	6,0	n. d.	3,7	11,9	n. d.	8,6	10,7	9,5	n. d.	11,3	10,0	n. d.
Number days > 0 °C	51	50	n. d.	n. d.	49	50	25	n. d.	25	105	n. d.	105	84	83	n. d.	68	67	n. d.
Number days > 10 °C	34	27	n. d.	n. d.	32	0	7	n. d.	0	69	n. d.	10	52	22	n. d.	30	27	n. d.
Qualitative value	MODERATED			MODERATED			COLD			WARM			MODERATED HIGH			MODERATED DOWN		

5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- **Los tres glaciares son activos.**
- **Comportamiento parecido de Doesen y Posets (menor magnitud): Planimetría > Altimetría.**
- **Veleta: Altimetría > Planimetría: HUNDIMIENTO**



- **Particularidades del Corral del Veleta:**
 - **Latitud geográfica.**
 - **Desaparición de la nieve invernal (año normal):**
 - **Veleta: Primera semana de Julio. Año 2010: NO.**
 - **Doesen y Posets: Primera semana de Agosto. Periodo estival (verano) mas corto.**
 - **Comparación futura con otros termómetros: Temperaturas máximas (mediodía en verano: 40 °C).**



28-08-2004



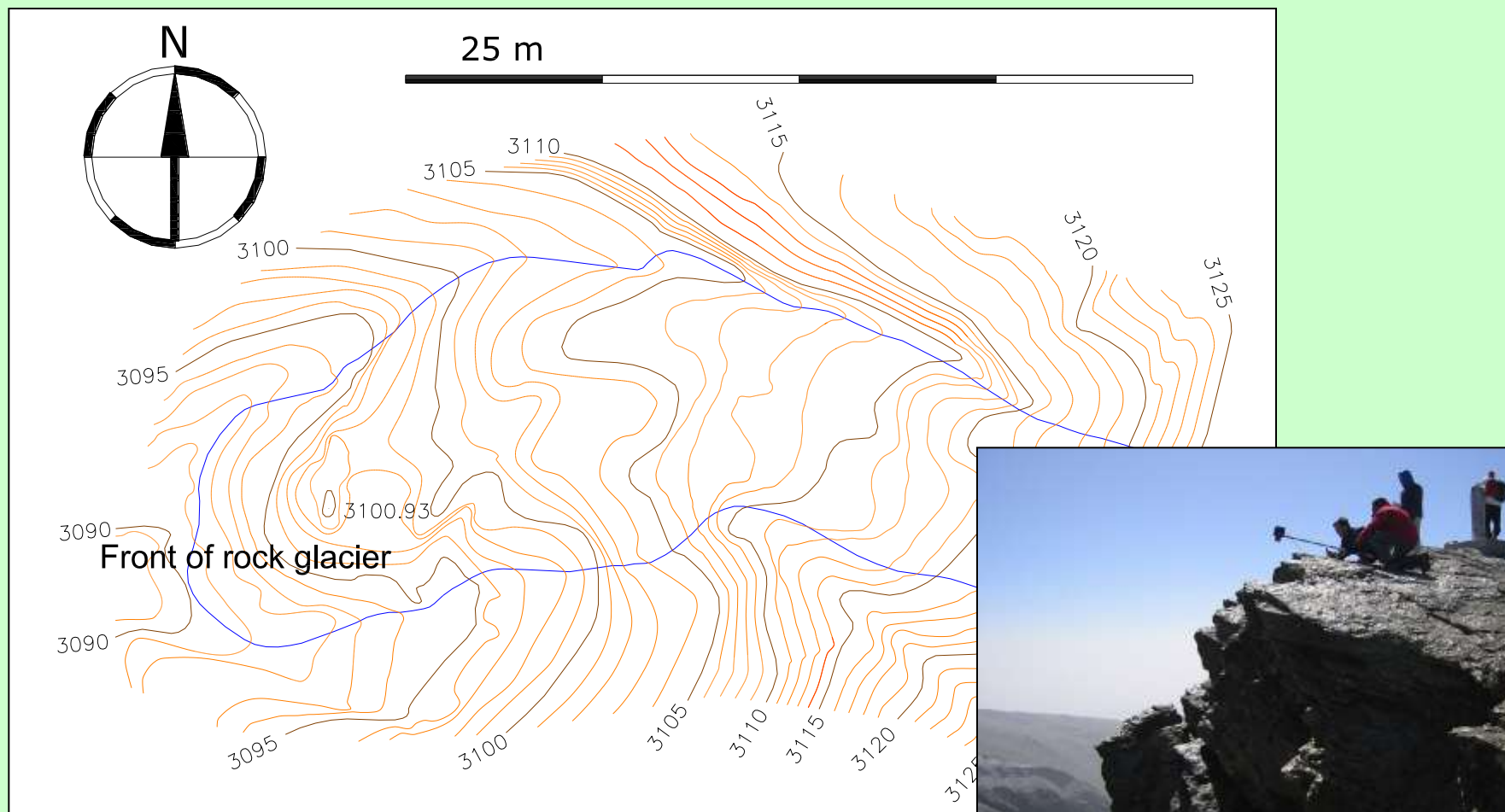
29-08-2005

6. CONCLUSIONES

- **Respuestas a las preguntas planteadas:**
 - **¿Son extrapolables los datos térmicos del Corral del Veleta a otros glaciares?.**
 - **No siempre coinciden los datos térmicos del Corral del Veleta con la dinámica glacial de otros glaciares. La influencia es principalmente local (nieve año 2010).**
Se han instalado termómetros en los tres glaciares.
 - **¿La influencia térmica afecta poco al glaciar de Doesen?.**
 - **Sí, comparado con los otros glaciares. Doesen tiene mayor latitud y la capa nival perdura más tiempo.**
 - **¿Está el glaciar del Corral del Veleta en una fase previa a la inactividad?.**
 - **Sí, a este ritmo en un periodo de 15 - 20 años puede ser un glaciar inactivo.**

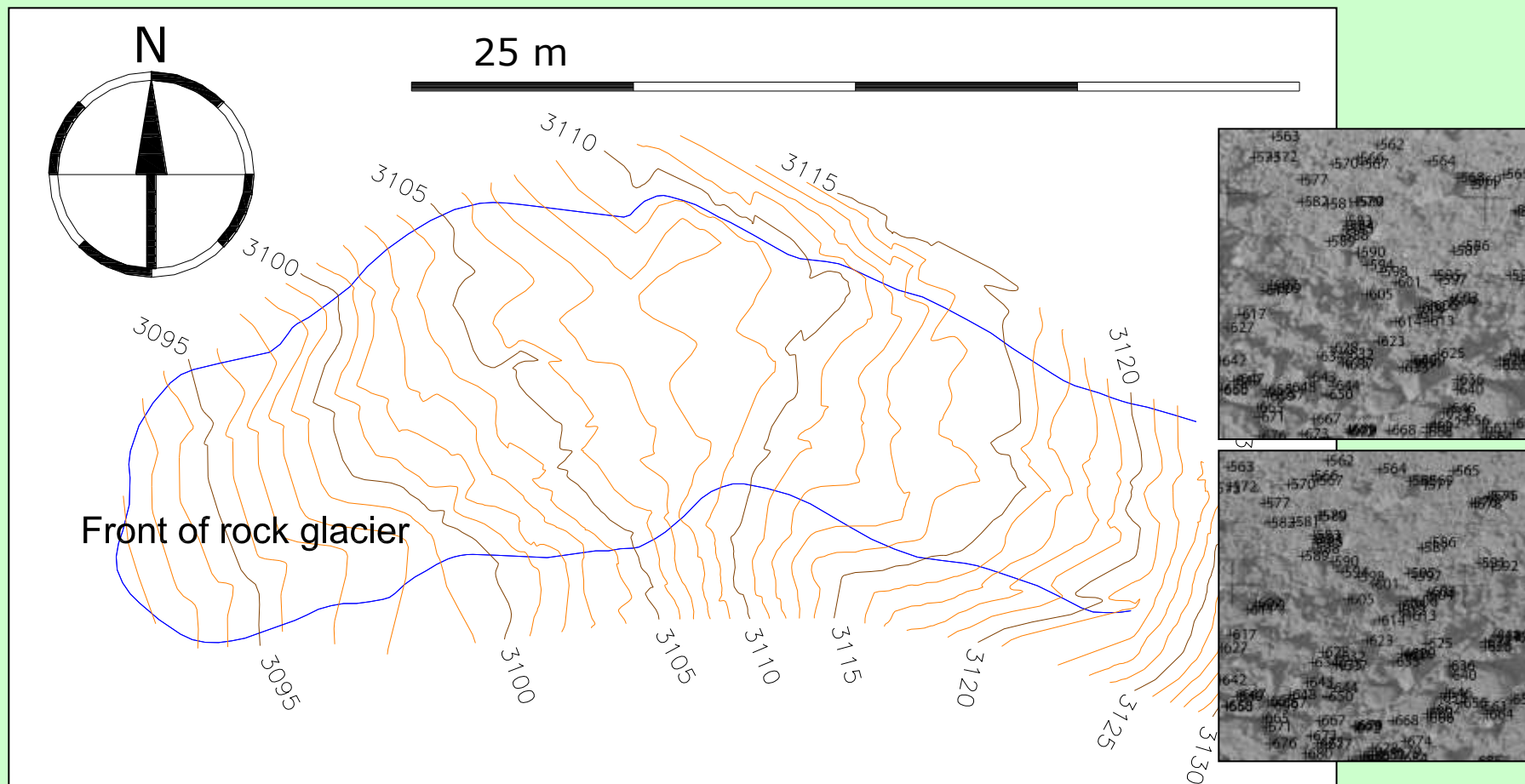
ANEXO CARTOGRÁFICO EN EL CORRAL DEL VELETA

- **FOTOGRAMETRÍA ANALÍTICA:**



ANEXO CARTOGRÁFICO EN EL CORRAL DEL VELETA

- FOTOGRAMETRÍA AUTOMÁTICA:**





**DINÁMICA COMPARADA DE LOS GLACIARES ROCOSOS DE DOESEN
(ALPES AUSTRIACOS), POSETS (PIRINEOS CENTRALES) Y CORRAL
DEL VELETA (SIERRA NEVADA) EN EL PERIODO 2001-2009**

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

José Juan de Sanjosé Blasco
Alan Atkinson Gordo

Viktor Kaufmann

Antonio Gómez Ortiz
Ferrán Salvador Franch

Enrique Serrano Cañadas

Juan José González Trueba

Universidad de Extremadura

Universidad de Graz

Universidad de Barcelona

Universidad de Valladolid

Universidad del País Vasco