



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE
PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777**

Diciembre de 2.017

Historial de revisión						
Rev.	Fecha	Descripción	Originador	Revisor	Observaciones	Aprobación del cliente
1	23/12/2017	Memoria Técnica	Eduardo Lastrada	Guillermo Cobos	Entrega final	
2						
3						
4						
5						

Declaración Responsable:

SPESA INGENIERÍA, S.A. y los autores responsables de la preparación y elaboración de este informe declaran no tener, ni esperar tener un derecho de usufructo en el área de estudio de este proyecto y la voluntad de no beneficiarse de ninguna de las recomendaciones formuladas en este informe.

La preparación de este informe ha estado de acuerdo con la información e indicaciones proporcionados por el cliente y se ha confiado en la información, los datos y los resultados previstos o recogidos de las fuentes.

Toda la información contenida en este informe está preparada para el uso exclusivo del cliente y no debe ser utilizado para ningún otro propósito o por cualquier otra persona o entidad sin su consentimiento. No debe confiarse en la información contenida en este informe para cualquier otro propósito aparte de los expuestos en él.

SPESA INGENIERÍA, S.A., no asume ninguna responsabilidad por cualquier pérdida, daño o inconveniente que surja de cualquier persona o entidad que utilice la información de este estudio para fines distintos a los indicados anteriormente.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. EQUIPO REDACTOR.	1
1.2. ANTECEDENTES.	1
1.2.1. Antecedentes administrativos.	1
1.2.2. Antecedentes técnicos.	2
1.3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	3
1.4. ALCANCE	4
1.5. METODOLOGÍA.	5
2. CARTOGRAFÍA.	8
2.1. TOPOGRAFIA DE LA SUPERFICIE GLACIAR.	8
2.1.1. LiDAR.	8
2.2. GEOFÍSICA.	11
2.2.1. Perfiles geofísicos	12
2.2.2. Datos GPS de los perfiles geofísicos	14
2.2.3. Perfilado continuo GPR	24
2.2.4. Radargramas procesados.	39
3. MODELADO DEL GLACIAR.	53
3.1. MODELADO 2D.	53
3.2. MODELADO 3D.	61
4. COMPARATIVA TRABAJOS PREVIOS.	71
5. RESULTADOS	73

ANEXOS:

1. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



1. INTRODUCCIÓN

1.1. EQUIPO REDACTOR.

El equipo redactor del presente documento es el que se cita a continuación:

Director del trabajo:

D. Guillermo Cobos Campos. *Dr. Ing. Caminos, Canales y*

Puertos. Jefe del Equipo:

D. Eduardo Lastrada Marcén. *Ing. Caminos, Canales y*

Puertos. Equipo técnico;

D. Francisco García *Ing. Geodesta especialista en geofísica.*

D. Fernando Buchón *Ing. Geodesta especialista en topografía.*

D. Alberto Barseló Ferrer *Ing. Técnico Agrícola.*

D. José Agustín Collado Ldo. en Física

D. Raquel Monteagudo Arévalo *Delineación.*

1.2. ANTECEDENTES.

1.2.1. Antecedentes administrativos.

Con fecha de 25 de septiembre de 2017, la empresa TRAGSATEC adjudica a SPESA INGENIERÍA la asistencia técnica para el CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**

1.2.2. Antecedentes técnicos.

En 1992, se realiza una prospección por sísmica de reflexión del glaciar de La Maladeta.

En 1994, en el marco del programa ERHIN se efectuó la pionera prospección con georradar UHF del Glaciar de La Maladeta, con la finalidad de determinar la topografía subglaciar, el espesor del hielo, la estructura interna del glaciar y las eco-profundidades de los posibles reflectores internos.

En el libro “Datos sobre la nieve y los glaciares en las cordilleras españolas; el programa ERHIN (1984-2008)” se realiza una recopilación de los resultados obtenidos en los trabajos anteriores.

En 2008, se realizó una nueva campaña de prospección geofísica, con georradar mediante un equipo SIR 3000, de este glaciar y en el del Aneto, con el objetivo de analizar la totalidad de la superficie glaciar, para lo que se realizaron 14 perfiles transversales y un 1 perfil longitudinal. Este nuevo equipamiento, que difería del anterior en que registra señal continua, permitió incrementar notablemente la calidad de los resultados. La calibración del georradar en este caso se efectuó midiendo la profundidad del zócalo rocoso mediante sondeos realizados con sonda de vapor. Este nuevo estudio también fue realizado en el marco del programa ERHIN y se publicó en el informe de título “Determinación de los espesores de hielo en los glaciares del Aneto y La Maladeta mediante geo-radar. “septiembre de 2008”.

En enero de 2012, se publica la tesis doctoral “Cartografiado de la morfología subglaciar de La Maladeta y Aneto mediante georradar” de la Dra. Caridad Jiménez Vaquero, dirigida por el Dr. Francisco García García, en la que se reinterpretan los perfiles del trabajo de georradar de 2008, y se obtienen las secciones y un modelado en 3D tanto de la superficie glaciar como de toda la estructura endoglaciar y del relieve del lecho rocoso encajante.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



1.3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En el marco del Programa ERHIN (Evaluación de los Recursos Hídricos procedentes de la Innivación) se viene realizando un seguimiento permanente del glaciar, por constituir un indicador muy fiable para caracterizar el cambio climático.

Según el estado de conocimiento actual este glaciar está perdiendo actualmente cerca de un metro de espesor medio por año hidrológico. En comparación con 1991, la superficie del cuerpo principal ya se ha reducido en un 50%, pero además la endoestructura del glaciar puede estar cambiando muy rápidamente.

En el glaciar se producen fenómenos de percolación de agua de fusión a través del firn hasta llegar a niveles saturados de agua líquida, sobre los que hay niveles de base impermeable de hielo. Este efecto forma cuerpos acuíferos abiertos que se drenan a través de una red de drenaje endoglacial que se va agrandando, extendiendo y colapsando.

La estructura interna del glaciar debe haber evolucionado bastante en estos 9 años por lo que resulta de gran interés comprender cómo se viene produciendo este cambio.

En teoría, solamente el interfaz del sustrato rocoso infrayacente permanecerá prácticamente como en 2008. En cualquier caso los perfiles realizados en 2008, a partir de los que se correlacionó/interpoló la totalidad de la superficie, resultan ahora insuficientes para la escala de trabajo que se requiere, por lo resulta también muy conveniente aumentar su número.

Por lo anterior, el trabajo que se plantea consiste en realizar una nueva campaña de prospección con georradar, con perfiles que se distribuyan homogéneamente por la superficie del glaciar accesible.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



1.4. ALCANCE

A partir de un modelo digital de elevaciones, MDE, de precisión de la superficie topográfica se pretende la obtención de una cartografía de los distintos elementos de la masa glacial como del lecho rocoso basal.

Para ello, mediante una campaña de prospección mediante georradar, se localizarán las interfaces de contacto entre los siguientes materiales de distintas características electromagnéticas, a saber:

- Neviza de temporada.
- Firn, o nieve parcialmente compactada y recristalizada acumulada de inviernos pasados recristalizada hasta formar una sustancia más densa que la nieve fresca.
- Temperate Ice, o hielo temperado que está a la temperatura de fusión.
- Cold ice, o hielo frío cuya temperatura está por debajo de la de fusión.
- Bedrock, zócalo o roca madre.

Este trabajo además se comparará con los perfiles de georradar realizados en una prospección previa de 2008.

A partir del tratamiento de los radagramas de nueva adquisición, más los anteriores de 2008, se delimitarán con precisión los elementos estructurales: los diferentes estratos de hielo, los canales de drenaje endoglaciares y subglaciares, las fracturas del hielo y/o rimayas, las zonas de dispersión endoglaciar, y la morfología irregular del sustrato rocoso como consecuencia de la actuación conjunta de los fenómenos de arranque glacial, abrasión y empuje.

Finalmente se realizará una modelación 3D de la superficie de nieve, superficie del hielo y zócalo rocoso.

Con ello, se estará también en disposición de cuantificar el volumen de agua equivalente que supone la masa glacial.



1.5. METODOLOGÍA.

Los trabajos se han dividido en dos partes claramente diferenciadas. La primera de ellas se ha dedicado a los trabajos de campo y la segunda a los trabajos de gabinete.

Trabajos de campo: Se han realizado del 26 al 29 de octubre de 2017. Para estos trabajos se ha contado con un equipo de expertos en geofísica, glaciología y topografía entre los que cabe destacar la participación de D. Francisco García, D. Guillermo Cobos y Fernando Buchón, profesores de la Universidad Politécnica de Valencia. El equipo estaba integrado también por personal con amplia experiencia en montaña destacando la participación de tres guías de montaña.

Durante los días indicados se tomaron datos topográficos y geofísicos en el glaciar de la Maladeta, organizados en perfiles transversales y longitudinales.

Respecto a la elección de los perfiles, tras un análisis previo por parte de los expertos se consideró que lo más adecuado era realizar 21 perfiles transversales intentando mantener la cota durante el desplazamiento y un perfil longitudinal siguiendo la línea de máxima pendiente. Esta decisión se tomó considerando principalmente aspectos de seguridad, ya que actualmente el glaciar está muy “deteriorado”, con grietas de gran profundidad que deberían ser saltadas por el personal con el equipo de medición a la hora de ejecutar los perfiles longitudinales. Viendo inviable la ejecución masiva de este tipo de perfiles y considerando más representativos los perfiles transversales se decidió finalmente ejecutar únicamente un perfil longitudinal siguiendo la línea de máxima pendiente.

También es destacable que en determinadas zonas de borde, en las que se identificaron desprendimientos recientes de bloques de roca, así como pequeños aludes impidieron el acercamiento en los perfiles transversales. Esto no ha supuesto ningún inconveniente ya que son zonas marginales del glaciar en la que los espesores de hielo son muy pequeños.

En este estudio geofísico se ha utilizado un equipo de georradar GSSI modelo SIR3000. Tras analizar los resultados de la anterior campaña, el intervalo de espesores de hielo cartografiados y la resolución requerida en la anterior campaña de 2008, se seleccionó una antena de 100 MHz. Esta antena es monoestática con frecuencia central de 100 MHz (penetración > 40 m en hielo). Asimismo una vez sobre la superficie del glaciar, se constató la resolución y penetración de la antena seleccionada



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**

100 MHz, calibrándose in situ, eran las apropiadas para la consecución de los objetivos del cartografiado de la masa de hielo del glaciar en esta campaña.



Unidad Central SIR-3000 de GSSI.



Antena de frecuencia central 100 MHz utilizada en esta campaña.

El método de trabajo consistió en la toma de señales que de forma continua del georradar en su desplazamiento sobre la superficie del glaciar a lo largo de unos perfiles previamente planificados longitudinales y transversales. De esta forma se recubrió, de forma representativa, la mayor superficie glaciar. Y asimismo se poder comparar los datos del cartografiado resultante con los obtenidos en la campaña de 2008.

Se definieron un total de 19 perfiles, de los cuales 18 fueron transversales y 1 longitudinal (en dirección de máxima pendiente) respecto al eje principal del glaciar.



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**

La captura de datos se ha realizado mientras se caminaba sobre el glaciar, disponiendo de cuerdas de escalada para tirar de la antena ante la presencia de grietas en la superficie del glaciar y su alta pendiente, consiguiéndose de esta forma que el desplazamiento del equipo y operadores fuese seguro y rápido.

La resolución espacial utilizada para la toma de datos depende de las condiciones del terreno para cada eje, pero puede decirse que como media se registraba un dato cada 5 cm de desplazamiento, lo que ha proporcionado un conjunto significativo de datos en los registros de radar (radargramas).

Además de la toma de datos de espesores de hielo, se registraron mediante la utilización de un GPS RTK de gran precisión, un conjunto importante de puntos de control para los que se tomaron de forma muy precisa sus respectivas coordenadas de localización sobre el glaciar. Además, la utilización de la base topográfica definida en anteriores trabajos de campo llevados a cabo en este glaciar que ha servido de punto de control para la traslación de todos los perfiles realizados con georradar a coordenadas absolutas, lo que ha supuesto poder obtener todos los mapas de resultados sobre las imágenes satélite de las zonas estudiadas, proporcionando así mayor realidad a los mismos.

Terminado el trabajo de campo, en el cual se ha recopilado gran cantidad de información se ha procedido a su análisis e interpretación durante los meses de noviembre y parte de diciembre de 2017. En esta fase cabe destacar el “Procesado de los radargramas”.

En función de las señales radar registradas en los radargramas de campo, se ha seguido los siguientes pasos de procesado:

- (i) Procesado 1D: corrección tiempo- cero en cada radargrama.
- (ii) Procesado 2D:
 - 1º) Filtrado Background.
 - 2º) Filtrado paso-banda (dewow) para frecuencias bajas y altas de ruido en direcciones verticales y horizontales.
 - 3º) Aplicación de ganancia AGC.
 - 4º) Corrección estática (topográfica).



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**

- 5º) Migración de Kirchhoff.
- 6º) Deconvolución predictiva.

Y por último se realizó a cada uno de los radargramas 2D la conversión de tiempos a profundidades empleando la velocidad media del hielo calculada en esta campaña.

2. CARTOGRAFÍA.

Para la modelización hidráulica se ha utilizado un Modelo Digital del Terreno de alta precisión (1x1) generado a partir de los datos LiDAR PNOA capturados en un vuelo del Instituto Geográfico Nacional.

2.1. TOPOGRAFIA DE LA SUPERFICIE GLACIAR.

2.1.1. LiDAR.

El LiDAR (Light Detection And Ranging) es un sistema que contiene un emisor de impulsos y un receptor de detección remota basado en un sensor láser. El instrumental se instala en un avión desde el cual se procedé a la emisión de un pulso láser y a la medida del tiempo que tarda dicho pulso en llegar a un objeto, en el cual rebota, y volver al avión. De este modo, a cada tiempo de respuesta se le asigna una cota. El sistema instalado en el avión no trabaja solamente en la vertical del mismo. También se realizan medidas transversalmente a la dirección de avance, con un cierto ángulo respecto a la vertical.

Según las características del objeto al que llega el pulso láser se pueden dar diferentes respuestas:

- En una superficie sólida (edificios, suelo, etc.), el rayo se refleja y vuelve al avión.



GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777

- En el agua, el rayo láser es absorbido y no vuelve al avión, por lo que no se obtiene información.
- En vegetación, al chocar con la copa del árbol parte del rayo se refleja y vuelve al avión, pero parte del rayo la atraviesa hasta llegar al suelo. En este caso, el sistema guarda el primer y último pulso.



Toma de datos de LIDAR

El registro del primer pulso permite describir la superficie (parte más alta) de los objetos, mientras que el registro del último eco se usa para conocer la superficie del suelo. La capacidad multi-retorno se utiliza, entre otras cosas, para detectar vegetación y su altura.

La resolución del vuelo LIDAR se caracteriza por el número de puntos medio por metro cuadrado del que se dispone de información.

En el año 2010, dentro del marco del proyecto XERRAC, se realizó una comparación de los resultados entre el LiDAR PNOA y un LiDAR convencional con vuelo a 4 puntos/m². Los resultados, como se puede ver muestran que, pese a la menor precisión, la definición de elementos es suficiente para caracterizar el terreno. Se puede comprobar que el vuelo a 0,5 puntos/m² es suficientemente representativo de la realidad.



GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777

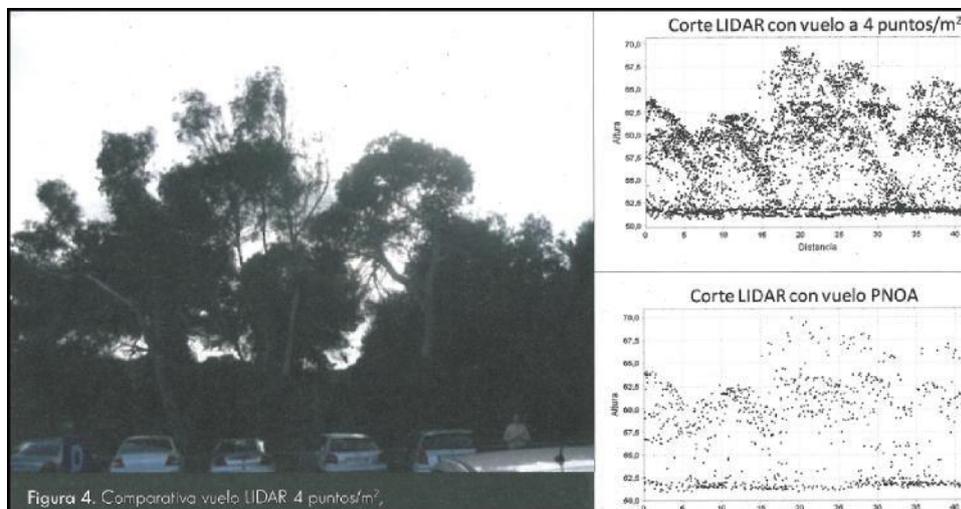


Figura 4. Comparativa vuelo LIDAR 4 puntos/m².

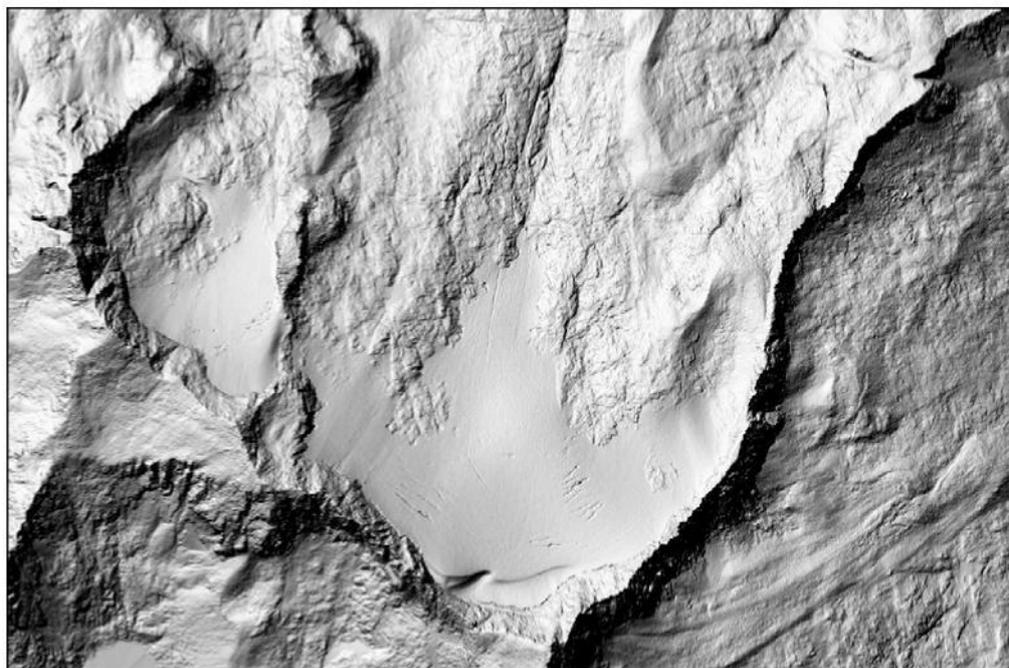
Comparativa LiDAR vuelo convencional y LiDAR con vuelo PNOA.

Para poder referenciar correctamente el punto que se ha medido en el terreno, se utiliza la combinación de dos técnicas diferentes. De esta forma se obtienen las alturas del terreno con un error de +/- 15 cm en altura.

A partir del Procesado de la información contenida en el archivo preclasificado del vuelo LIDAR para la zona de estudio se genera un Modelo Digital de elevaciones (MDE), siendo este tipo de modelos digitales los más útiles, frente a los clásicos Modelos Digitales del Terreno (MDT), por disponer de información del terreno sin la interferencia de la vegetación u otros elementos ajenos al terreno natural.

Para la creación del Modelo Digital de Elevaciones de la zona de estudio se ha recurrido a la información proveniente de los vuelos LIDAR realizados por el PNOA correspondientes al año 2011 (PNOA-2011-LOTE-CAT). En concreto se han procesado las siguientes teselas:

- **304-4726**
- **306-4726**



Modelo de sombra a partir de un MDE (LIDAR) con resolución 1x1 m

2.2. GEOFÍSICA.

Los métodos Geofísicos para la prospección del terreno permite la evaluación de las características de un terreno basándose en la medida de determinadas propiedades físicas de los materiales que componen el subsuelo. Se trata pues de método de prospección indirecto y no invasivo, y por tanto no destructivo

El objetivo final del estudio Geofísico estriba en la determinación de la topográfica subglaciar, el espesor de la capa de hielo, así como la estructura interna del glaciar. Todo ello permitirá en última instancia la cubicación y caracterización del glaciar con bastante precisión.

El estudio geofísico se ha llevado a cabo mediante el empleo de un Georradar o GPR (Ground Penetrating Radar), basado en la técnica radar (Radio Detecting and Ranging), consistente en la exploración del subsuelo desde el exterior de su superficie, mediante la emisión y posterior recepción de un pulso electromagnético. Se trata de



CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777

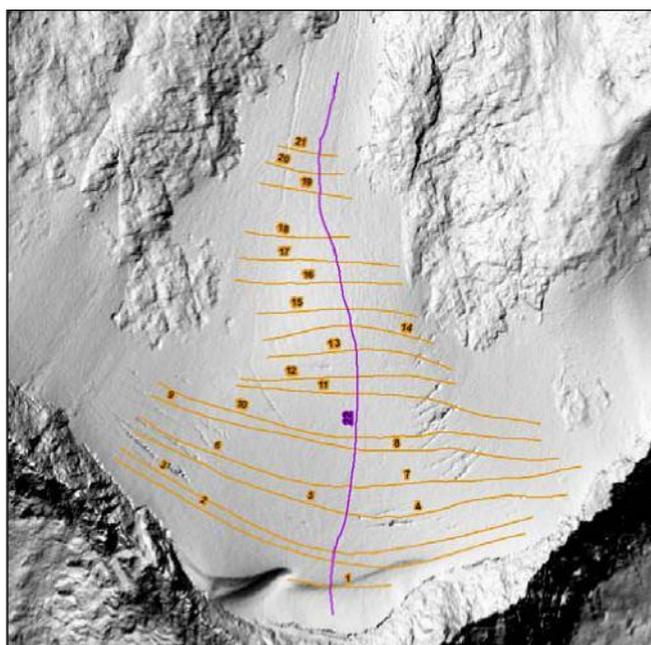
un tipo de radioecosonda (RES) que habitualmente opera con onda monopulso a frecuencias entre los 10 y los 1.000 MHz.

El Georradar utilizado en la campaña Geofísica, modelo SIR 3000, permite la toma de datos en continuo.

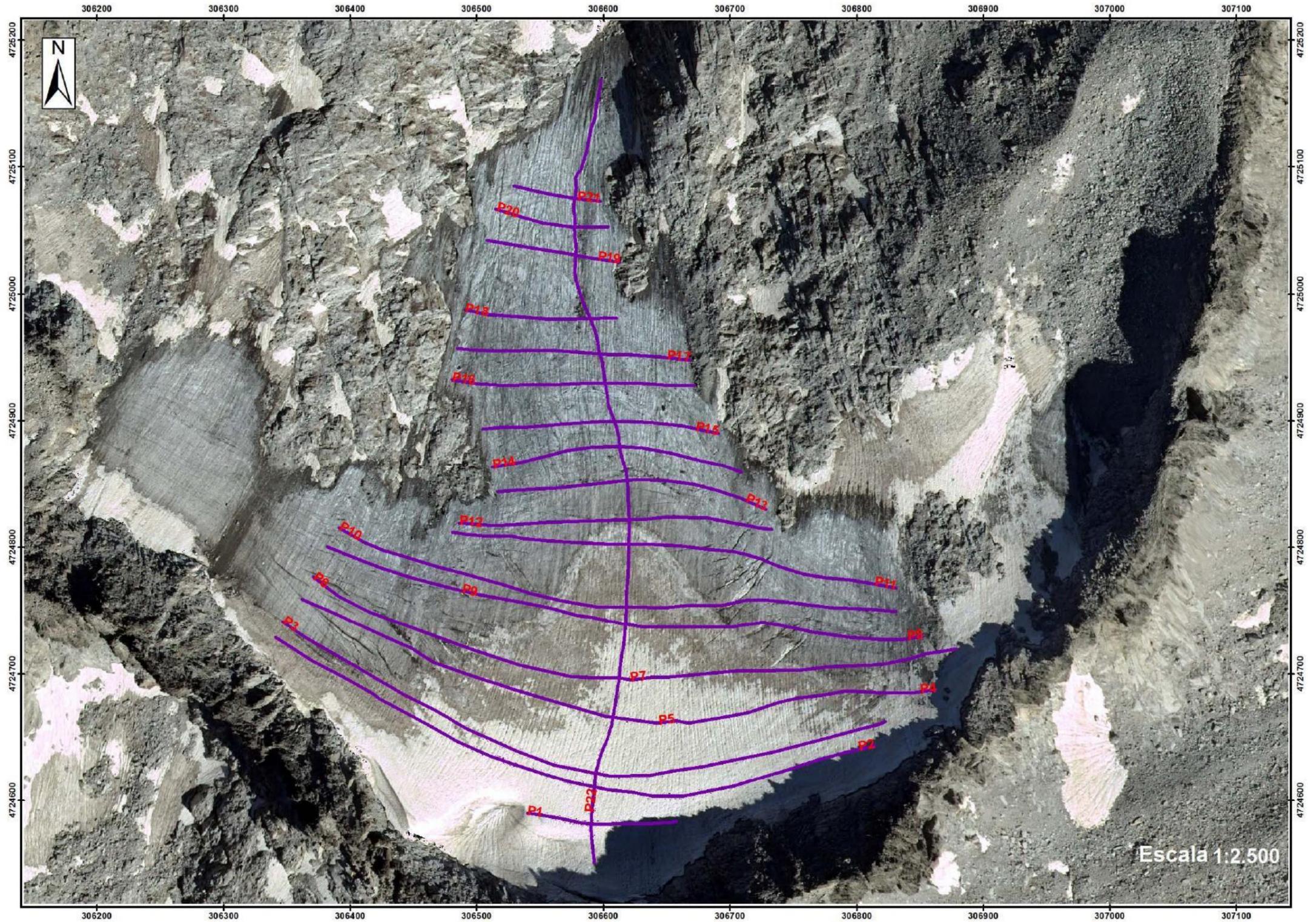
Por otro lado la toma de datos del Georradar se apoyó en la utilización de un GPS diferencial de gran precisión, que fue estableciendo puntos de control a lo largo de la traza de los perfiles geofísicos, determinando de forma precisa las coordenadas de localización de dichos perfiles sobre el glaciar, y por lo tanto las coordenadas absolutas de cada uno de los puntos registrados por el Georradar.

2.2.1. Perfiles geofísicos

Se han realizado 22 perfiles geofísicos distribuidos en la totalidad del glaciar, con objeto de determinar las características del mismo. De los 22 perfiles ejecutados 21 corresponden a perfiles transversales realizados a una cota determinada, y el perfil restante corresponde a un perfil longitudinal del glaciar por la línea de máxima pendiente.



Trazado y disposición de los perfiles Geofísicos (2017)



2.2.2. Datos GPS de los perfiles geofísicos

A continuación se recogen las coordenadas y altimetría de los puntos tomados siguiendo la traza de los perfiles de la campaña geofísica mediante GPS diferencial. Las coordenadas se encuentran en el sistema de coordenadas proyectadas **European Datum 1950** en el Huso 31N.

PERFIL	Nº PTO	UTMX	UTMY	COTA
Perfil-1	1	306539,7	4724590	3160,9
	2	306549,4	4724589	3160,7
	3	306556,8	4724588	3160,5
	4	306564,2	4724587	3160,2
	5	306573,9	4724584	3159,9
	6	306582,2	4724583	3159,7
	7	306589,5	4724582	3159,4
	8	306597,8	4724582	3159,2
	9	306606,4	4724582	3158,9
	10	306613,4	4724582	3158,7
	11	306621	4724582	3158,4
	12	306628,5	4724582	3158,2
	13	306632,3	4724582	3158,0
	14	306639,2	4724582	3157,8
	15	306645,5	4724583	3157,6
	16	306652	4724583	3157,5
	17	306657,8	4724584	3157,4
Perfil-2	18	306814,7	4724644	3150,6
	19	306791,8	4724639	3151,0
	20	306765,8	4724632	3151,3
	21	306747	4724625	3151,6
	22	306715,3	4724616	3152,1
	23	306703,6	4724612	3152,3
	24	306661,8	4724604	3152,9
	25	306637,9	4724604	3153,4
	26	306622,5	4724607	3153,6
	27	306602,8	4724609	3154,0
	28	306573,9	4724615	3154,5
	29	306553,4	4724621	3154,7
	30	306530	4724629	3155,1

PERFIL	Nº PTO	UTMX	UTMY	COTA
	31	306511,5	4724635	3155,3
	32	306463,4	4724659	3156,1
	33	306443,1	4724670	3156,5
	34	306423,4	4724681	3156,8
	35	306417,7	4724685	3157,0
	36	306394,4	4724698	3157,3
	37	306370,9	4724710	3157,7
	38	306340,7	4724729	3158,2
Perfil-3	39	306346,2	4724742	3148,4
	40	306363,2	4724730	3148,4
	41	306381,1	4724720	3148,4
	42	306401,1	4724708	3148,4
	43	306421,9	4724696	3148,4
	44	306442,3	4724684	3148,5
	45	306467,9	4724671	3148,4
	46	306492,1	4724657	3148,4
	47	306531,7	4724639	3148,2
	48	306606,3	4724620	3147,8
	49	306636,9	4724620	3147,4
	50	306654,6	4724624	3147,4
	51	306678,3	4724627	3147,5
	52	306704,4	4724633	3147,4
	53	306733,6	4724639	3147,1
	54	306768,5	4724647	3146,3
	55	306799,5	4724656	3145,7
	56	306818	4724661	3144,5
Perfil-4	57	306862,8	4724688	3129,8
	58	306842,8	4724685	3129,2
	59	306822,8	4724685	3129,7
	60	306792,2	4724687	3130,1
	61	306772,7	4724684	3130,3
	62	306754,4	4724682	3130,4
	63	306739,2	4724678	3130,3
	64	306694,6	4724666	3129,6
	65	306681,9	4724664	3128,9
	66	306667	4724661	3129,7
	67	306656,5	4724664	3130,2
Perfil-5	68	306656,6	4724663	3130,2

PERFIL	Nº PTO	UTMX	UTMY	COTA
	69	306642,4	4724661	3130,0
	70	306601,2	4724667	3129,5
	71	306561,3	4724678	3128,7
	72	306527,4	4724689	3128,2
	73	306493,8	4724700	3127,8
	74	306465,6	4724709	3127,8
	75	306447,7	4724721	3127,7
	76	306431,1	4724728	3127,8
	77	306406,4	4724739	3128,1
	78	306390,4	4724747	3128,6
	79	306361,9	4724759	3129,1
Perfil-6	80	306370,7	4724777	3115,6
	81	306391	4724762	3116,9
	82	306415,2	4724749	3118,7
	83	306442,9	4724739	3120,2
	84	306463,6	4724731	3121,2
	85	306476,8	4724727	3121,8
	86	306496,4	4724719	3121,9
	87	306511,8	4724714	3121,5
	88	306533,9	4724707	3120,8
	89	306573,5	4724698	3119,4
	90	306594,8	4724697	3118,3
	91	306611,3	4724697	3117,4
	92	306620,8	4724696	3117,1
Perfil-7	93	306621,2	4724695	3117,3
	94	306637	4724697	3117,1
	95	306652,4	4724698	3117,1
	96	306671,3	4724700	3117,0
	97	306703,9	4724703	3116,6
	98	306722,5	4724702	3116,3
	99	306736	4724703	3115,8
	100	306753,8	4724703	3115,5
	101	306774,7	4724706	3113,5
	102	306788,1	4724706	3112,3
	103	306812,3	4724707	3110,7
	104	306824,3	4724708	3110,2
	105	306842	4724712	3109,1
	106	306854,8	4724716	3108,5

PERFIL	Nº PTO	UTMX	UTMY	COTA
	107	306866,2	4724718	3108,2
	108	306878,8	4724720	3108,1
Perfil-8	109	306852,4	4724729	3102,3
	110	306833,7	4724727	3100,8
	111	306816,6	4724727	3100,7
	112	306794,1	4724729	3100,8
	113	306766,5	4724733	3101,2
	114	306742,5	4724738	3101,4
	115	306726,2	4724741	3101,6
	116	306700,4	4724737	3101,8
	117	306629	4724738	3102,4
	118	306604,3	4724742	3102,6
	119	306590,8	4724745	3102,6
	120	306578,5	4724747	3102,8
	121	306556,9	4724752	3102,6
	122	306533,8	4724757	3102,6
123	306519,3	4724760	3102,6	
124	306501	4724763	3102,8	
Perfil-9	125	306500,6	4724763	3102,8
	126	306480,7	4724768	3102,7
	127	306452,9	4724775	3102,4
	128	306444	4724778	3102,4
	129	306423,7	4724784	3102,3
	130	306406,5	4724791	3102,3
	131	306381,8	4724801	3102,3
Perfil-10	132	306390,9	4724816	3092,0
	133	306411,1	4724804	3094,7
	134	306426	4724798	3093,1
	135	306446,2	4724792	3093,8
	136	306469,6	4724785	3094,7
	137	306486,5	4724780	3095,3
	138	306502,8	4724776	3095,4
	139	306522,6	4724770	3096,1
	140	306541,9	4724764	3096,3
	141	306565,1	4724758	3094,9
	142	306596,1	4724753	3093,5
	143	306622,3	4724753	3092,4

PERFIL	Nº PTO	UTMX	UTMY	COTA
	144	306647,3	4724753	3092,0
	145	306669,4	4724755	3092,2
	146	306691,9	4724754	3093,1
	147	306712,2	4724759	3093,2
	148	306730,6	4724758	3092,6
	149	306750,8	4724756	3091,3
	150	306766,8	4724754	3090,3
	151	306781,7	4724753	3089,2
	152	306803,3	4724751	3087,0
	153	306812,1	4724751	3086,0
	154	306830,9	4724749	3090,5
Perfil-11	155	306831,2	4724768	3079,1
	156	306815,1	4724771	3074,9
	157	306794,6	4724774	3074,8
	158	306775,8	4724776	3074,4
	159	306757,6	4724779	3074,0
	160	306737,9	4724786	3073,5
	161	306725,6	4724791	3073,1
	162	306712,9	4724794	3072,9
	163	306702,2	4724797	3072,6
	164	306682,3	4724799	3072,1
	165	306662	4724801	3071,3
	166	306639,9	4724802	3070,6
	167	306632,9	4724802	3070,6
168	306609,7	4724802	3070,1	
169	306591,2	4724803	3069,9	
170	306573,9	4724804	3070,2	
171	306554,9	4724805	3070,5	
172	306536,1	4724807	3071,1	
173	306528,2	4724809	3072,0	
174	306504,2	4724809	3073,7	
175	306490,8	4724811	3074,8	
176	306480,6	4724812	3075,3	
Perfil-12	177	306485,8	4724819	3069,8
	178	306513,5	4724817	3069,7
	179	306530,8	4724818	3069,4
	180	306554,5	4724820	3068,9
	181	306580,3	4724821	3068,3

PERFIL	Nº PTO	UTMX	UTMY	COTA
	182	306606,7	4724821	3067,6
	183	306630,7	4724822	3066,7
	184	306645,8	4724824	3065,7
	185	306666,7	4724823	3064,3
	186	306682,6	4724823	3063,2
	187	306699,4	4724820	3062,0
	188	306716,4	4724817	3061,2
	189	306721,8	4724816	3060,9
	190	306733,2	4724814	3060,3
Perfil-13	191	306728,8	4724830	3053,5
	192	306706,9	4724839	3053,2
	193	306689,2	4724845	3053,2
	194	306670,8	4724850	3053,4
	195	306648,2	4724853	3053,7
	196	306626,3	4724854	3053,8
	197	306607,2	4724852	3054,0
	198	306586,7	4724850	3054,0
	199	306562,5	4724847	3054,0
	200	306546,2	4724846	3053,7
	201	306531	4724845	3053,4
	202	306516,5	4724844	3054,0
Perfil-14	203	306512,3	4724864	3042,8
	204	306534,8	4724867	3041,7
	205	306556,6	4724873	3040,8
	206	306571,1	4724877	3040,3
	207	306589,1	4724879	3039,5
	208	306610,6	4724880	3039,0
	209	306631,3	4724879	3039,7
	210	306654,2	4724874	3040,5
	211	306675,1	4724869	3041,0
	212	306694,1	4724865	3041,1
	213	306708,9	4724859	3042,3
Perfil-15	214	306690,8	4724890	3028,6
	215	306662,5	4724896	3028,4
	216	306639,6	4724898	3029,0
	217	306615	4724900	3029,3
	218	306596,1	4724900	3029,4
	219	306575,3	4724898	3029,2

PERFIL	Nº PTO	UTMX	UTMY	COTA
	220	306556	4724896	3028,3
	221	306535	4724895	3027,1
	222	306517,9	4724895	3026,8
	223	306504,6	4724894	3026,5
Perfil-16	224	306479,9	4724932	3009,0
	225	306501,8	4724929	3009,3
	226	306523,3	4724928	3009,8
	227	306544	4724929	3010,2
	228	306558,8	4724928	3010,5
	229	306581,4	4724930	3010,6
	230	306605,1	4724930	3010,5
	231	306631,3	4724929	3010,1
	232	306647,5	4724928	3009,7
	233	306671,9	4724928	3011,5
Perfil-17	234	306668,5	4724948	3002,9
	235	306645,3	4724950	2997,7
	236	306623,2	4724952	2996,9
	237	306602,3	4724953	2996,3
	238	306579,4	4724954	2995,3
	239	306556,3	4724956	2994,8
	240	306534,8	4724955	2994,8
	241	306515,3	4724955	2995,2
	242	306493,6	4724956	2995,5
	243	306484,8	4724957	2995,6
Perfil-18	244	306490,5	4724988	2980,0
	245	306508,4	4724984	2980,3
	246	306532,8	4724982	2980,4
	247	306558,9	4724980	2980,4
	248	306578,8	4724980	2980,0
	249	306596,9	4724981	2979,5
	250	306610,3	4724981	2979,2
Perfil-19	251	306613,3	4725025	2961,7
	252	306592,1	4725028	2952,6
	253	306567,5	4725033	2950,2
	254	306545,3	4725036	2950,2
	255	306527,4	4725039	2951,1
	256	306507,8	4725043	2951,0
Perfil-20	257	306514,8	4725067	2938,4

PERFIL	Nº PTO	UTMX	UTMY	COTA
	258	306534,2	4725061	2938,8
	259	306551,8	4725056	2939,3
	260	306573,7	4725053	2939,6
	261	306589,6	4725053	2940,5
	262	306604	4725053	2940,4
Perfil-21	263	306597,7	4725073	2929,3
	264	306579,4	4725075	2928,6
	265	306561,5	4725078	2928,1
	266	306546,9	4725081	2927,6
	267	306529,2	4725085	2926,8
Perfil-22	268	306592,8	4724551	3167,5
	269	306591,8	4724559	3159,4
	270	306590,5	4724572	3159,4
	271	306590,1	4724578	3159,4
	272	306590,6	4724589	3158,5
	273	306591,5	4724600	3156,2
	274	306592,7	4724611	3154,1
	275	306593,6	4724622	3148,0
	276	306596,4	4724632	3143,8
	277	306598,4	4724639	3141,3
	278	306602,8	4724648	3137,1
	279	306606,8	4724660	3131,9
	280	306607,6	4724665	3129,7
	281	306608,1	4724668	3129,3
	282	306609,8	4724678	3124,7
	283	306610,8	4724686	3121,0
	284	306612,3	4724695	3117,6
	285	306613,4	4724705	3116,0
	286	306614,8	4724716	3115,3
	287	306615,6	4724720	3111,5
	288	306616,8	4724728	3105,2
289	306617,6	4724738	3102,6	
290	306618,5	4724752	3092,5	
291	306618,5	4724765	3087,3	
292	306619,6	4724777	3082,0	
293	306620,3	4724789	3076,6	
294	306620,2	4724797	3072,6	

PERFIL	Nº PTO	UTMX	UTMY	COTA
	295	306620	4724803	3070,1
	296	306620,6	4724813	3068,6
	297	306620,4	4724822	3067,1
	298	306620,2	4724831	3063,5
	299	306619,7	4724840	3059,8
	300	306619,6	4724846	3056,6
	301	306619,1	4724853	3053,9
	302	306618,2	4724860	3051,6
	303	306614,3	4724873	3042,8
	304	306613,1	4724878	3039,3
	305	306612,3	4724887	3037,4
	306	306611,2	4724892	3032,9
	307	306609,2	4724899	3029,3
	308	306607,1	4724904	3029,2
	309	306603,9	4724913	3023,3
	310	306603,6	4724917	3019,7
	311	306602,5	4724923	3012,9
	312	306601,1	4724930	3010,5
	313	306600,7	4724935	3010,5
	314	306599,8	4724940	3005,2
	315	306599,3	4724945	2999,6
	316	306597,2	4724952	2995,8
	317	306596,1	4724956	2995,6
	318	306595,7	4724961	2992,8
	319	306594,4	4724966	2988,7
	320	306592,9	4724972	2985,2
	321	306589,3	4724980	2979,4
	322	306589,2	4724981	2979,4
	323	306585,5	4724989	2976,9
	324	306583,1	4724996	2971,8
	325	306581,4	4725001	2969,0
	326	306580,1	4725005	2966,9
	327	306578,6	4725009	2964,3
	328	306577,3	4725017	2960,0
	329	306577,8	4725025	2952,3
	330	306577,8	4725032	2950,8
	331	306578,5	4725036	2950,6

PERFIL	Nº PTO	UTMX	UTMY	COTA
	332	306577,7	4725042	2946,1
	333	306577,3	4725048	2940,4
	334	306577,1	4725053	2939,7
	335	306577,4	4725060	2938,6
	336	306576,6	4725066	2933,3
	337	306576,6	4725071	2929,7
	338	306577,2	4725075	2928,5
	339	306578,5	4725084	2928,4
	340	306577,9	4725092	2928,3
	341	306579,1	4725094	2926,1
	342	306582	4725098	2924,0
	343	306585,8	4725110	2921,1
	344	306587,6	4725118	2916,0
	345	306588,9	4725125	2911,8
	346	306590,1	4725131	2905,1
	347	306593,1	4725140	2901,3
	348	306594	4725146	2898,7
	349	306594,8	4725152	2896,6
	350	306596	4725157	2894,1
	351	306596,4	4725161	2892,2
	352	306597,8	4725166	2890,0
	353	306598	4725170	2889,2
	354	306590,3	4724582	3159,4
	355	306592,6	4724611	3154,1
	356	306593,7	4724622	3148,0
	357	306607,9	4724666	3129,5
	358	306612,6	4724697	3117,3
	359	306617,7	4724740	3102,3
	360	306618,5	4724753	3092,2
	361	306620	4724802	3070,2
	362	306620,5	4724822	3067,1
	363	306619,1	4724853	3053,9
	364	306613	4724880	3039,0
	365	306609,1	4724900	3029,3
	366	306601,1	4724930	3010,5
	367	306596,9	4724953	2995,8
	368	306589,3	4724981	2979,4

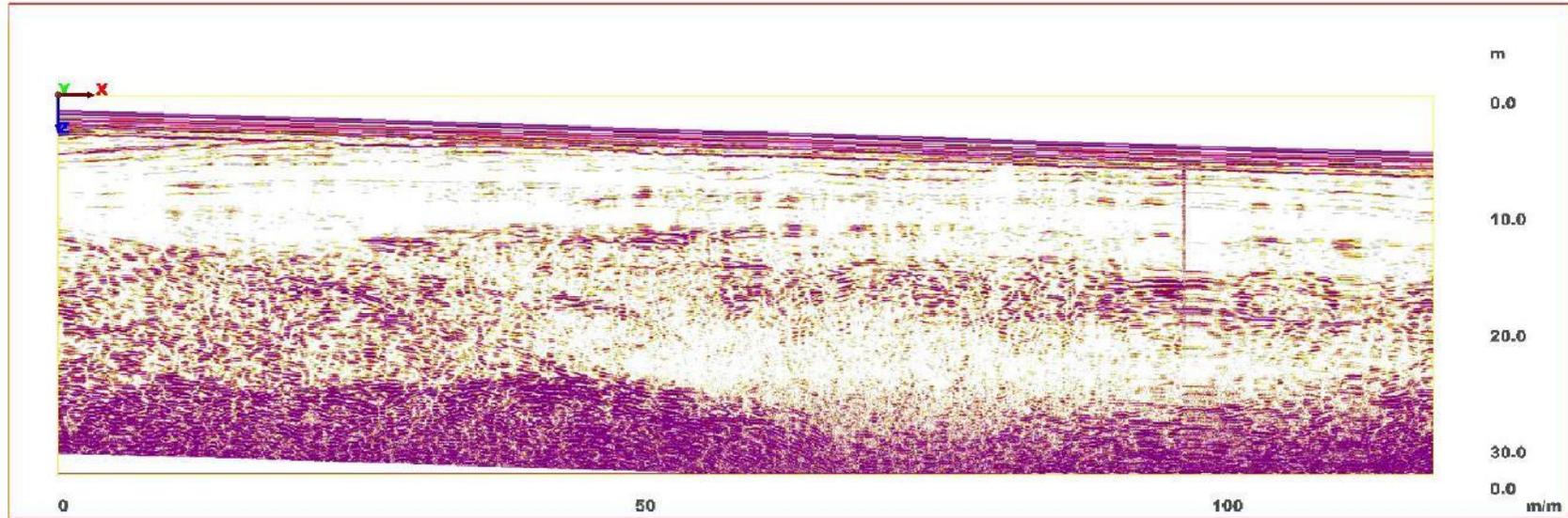
CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777

PERFIL	Nº PTO	UTMX	UTMY	COTA
	369	306577,8	4725031	2950,9
	370	306577,1	4725053	2939,7
	371	306577,3	4725075	2928,4

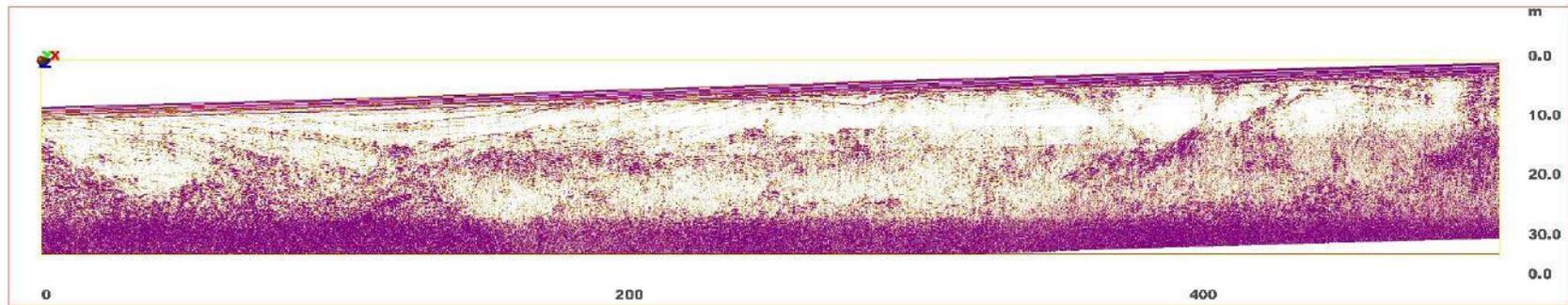
2.2.3. Perfilado continuo GPR

A continuación se muestran los perfiles obtenidos durante la campaña Geofísica:

CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777

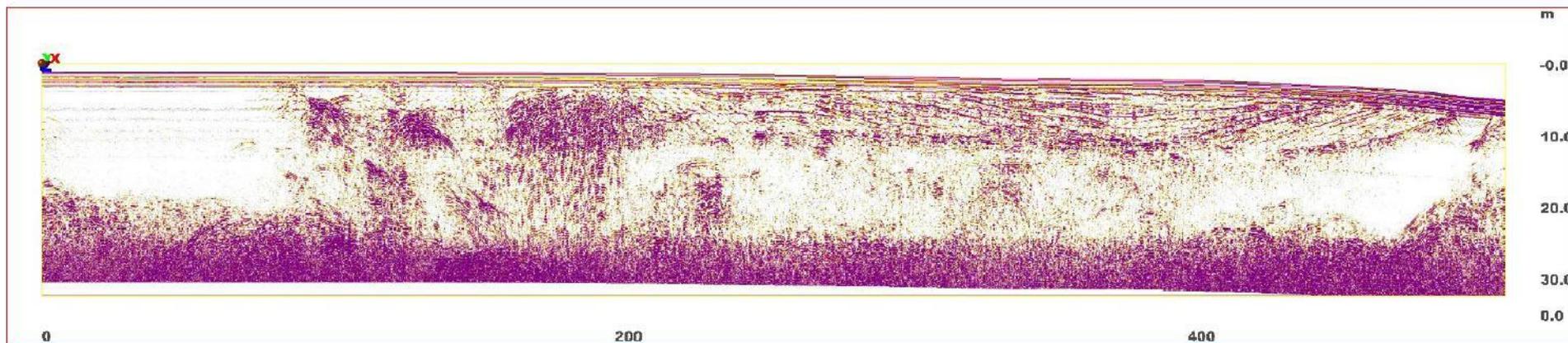


Perfil Geofísico N° 1

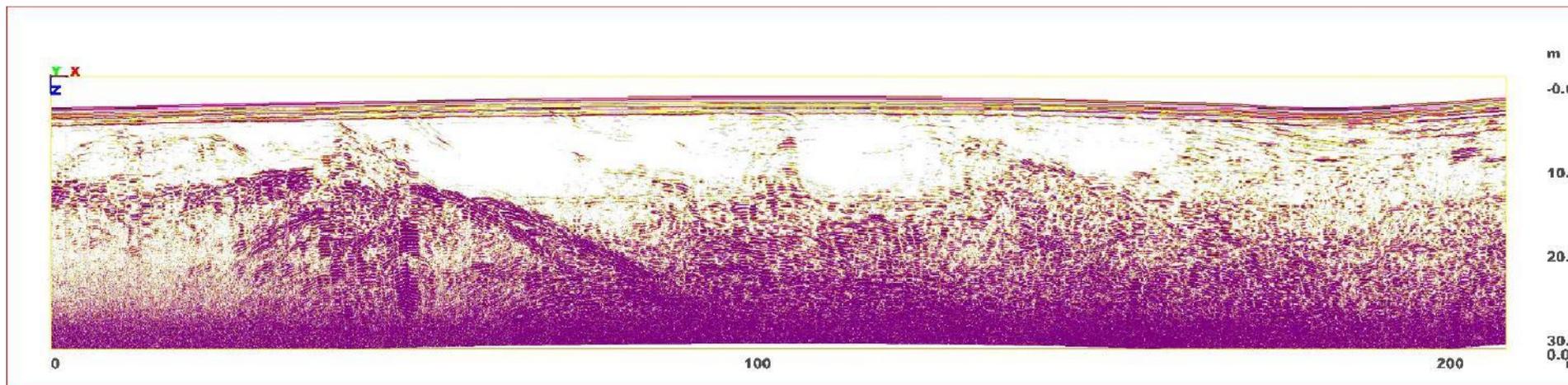


Perfil Geofísico N° 2

CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777

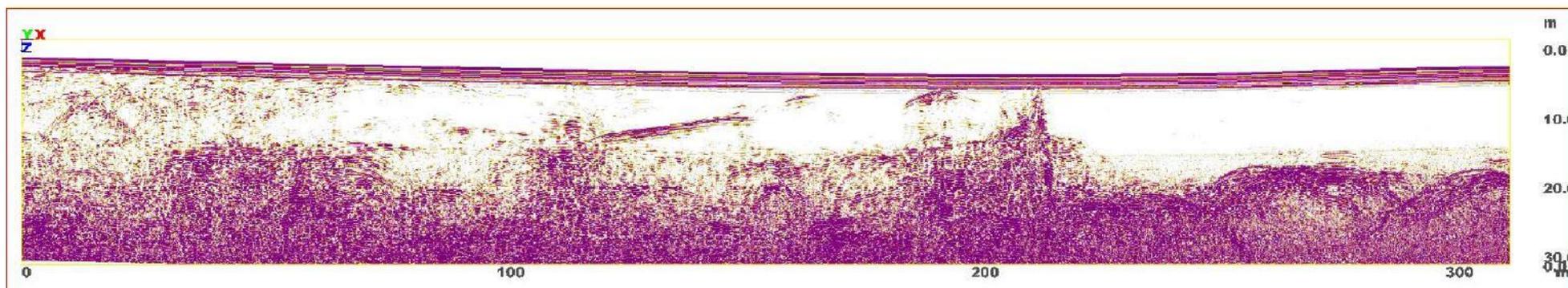


Perfil Geofísico Nº 3

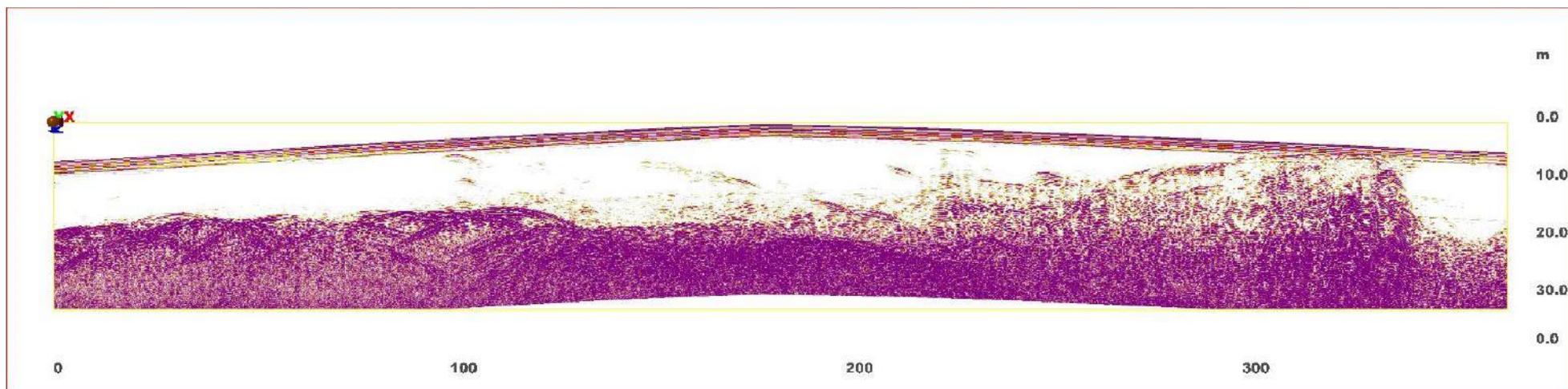




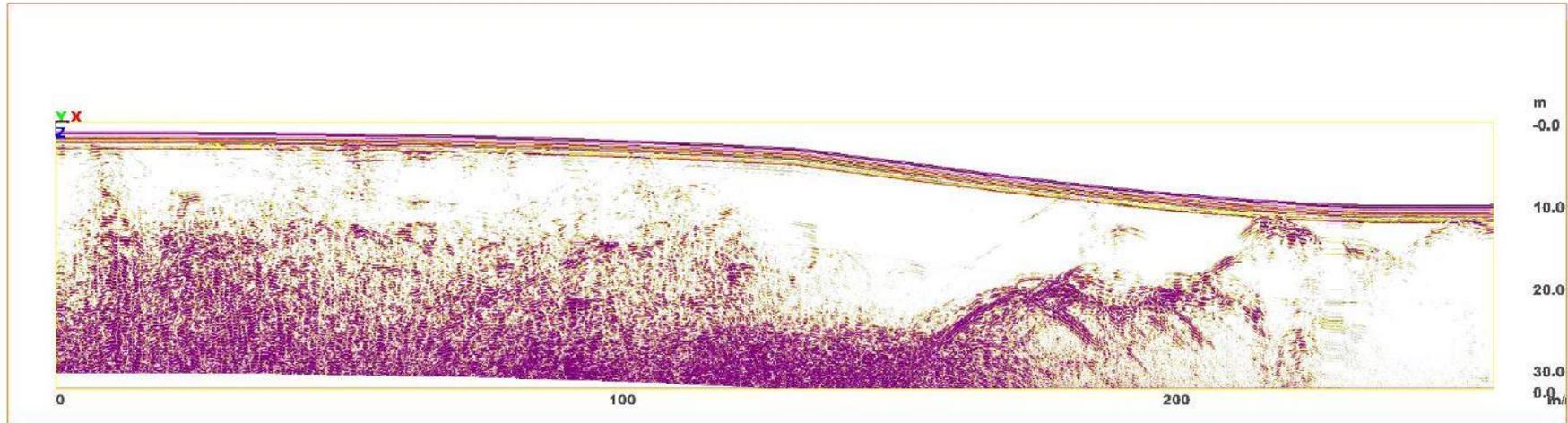
Perfil Geofísico N° 4



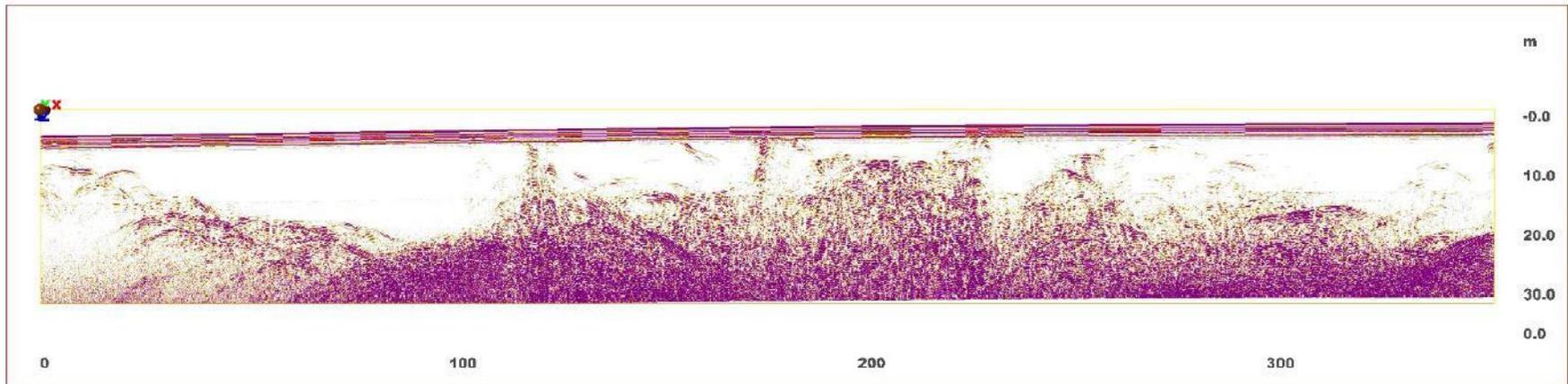
Perfil Geofísico N° 5



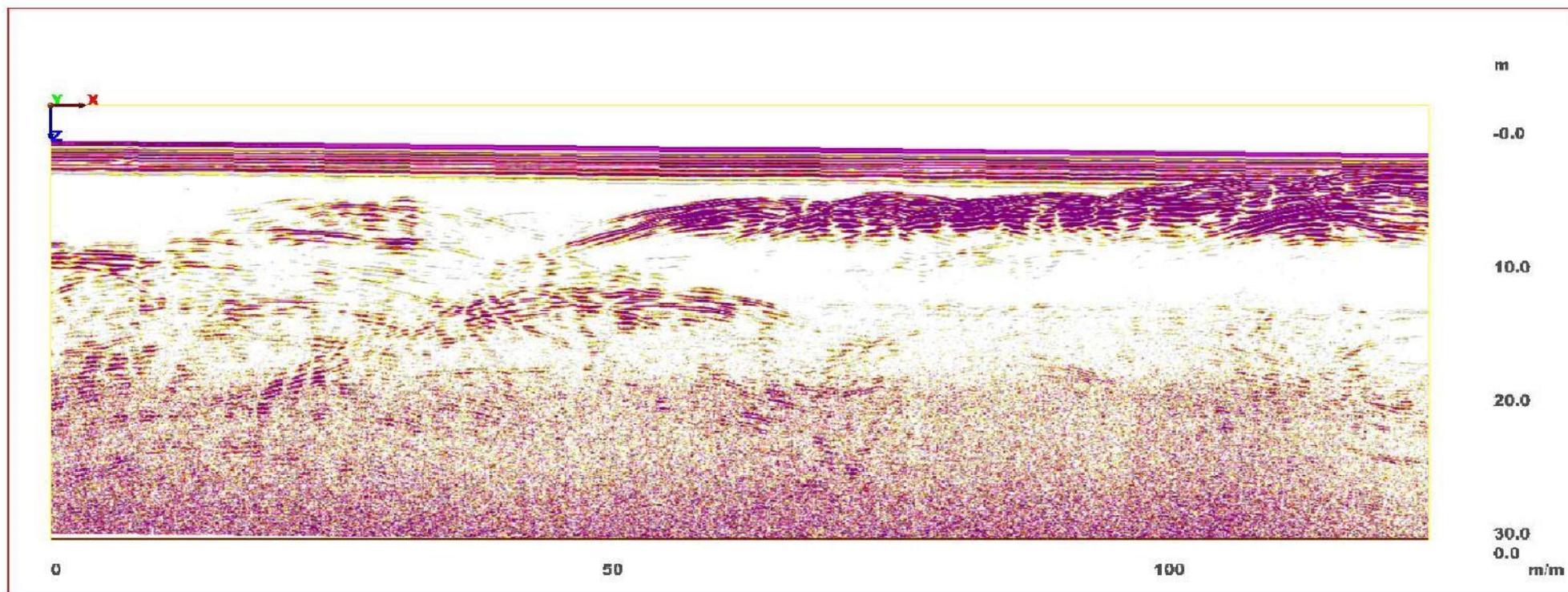
Perfil Geofísico N° 6



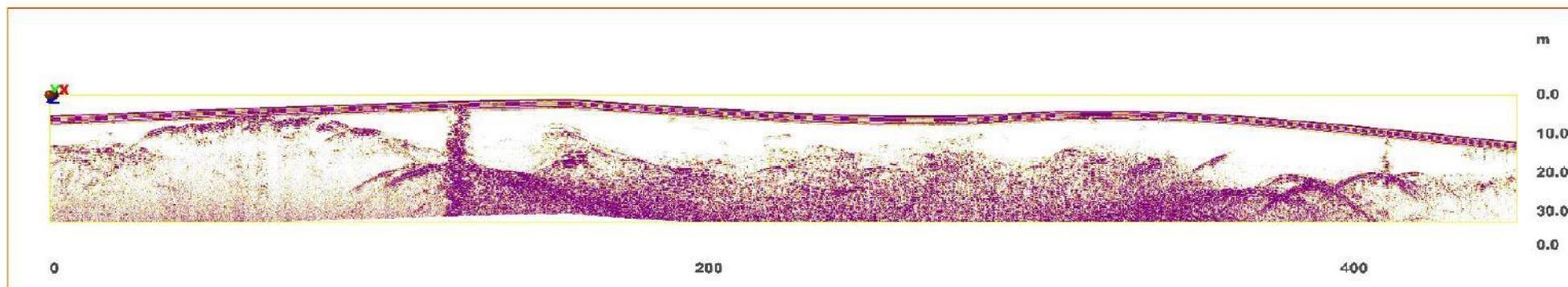
Perfil Geofísico N°7



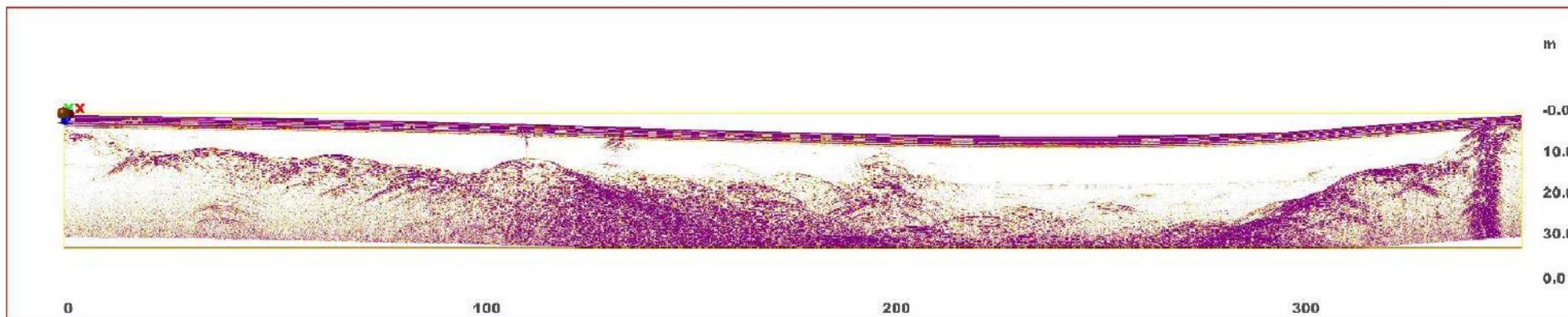
Perfil Geofísico N°8



Perfil Geofísico Nº 9

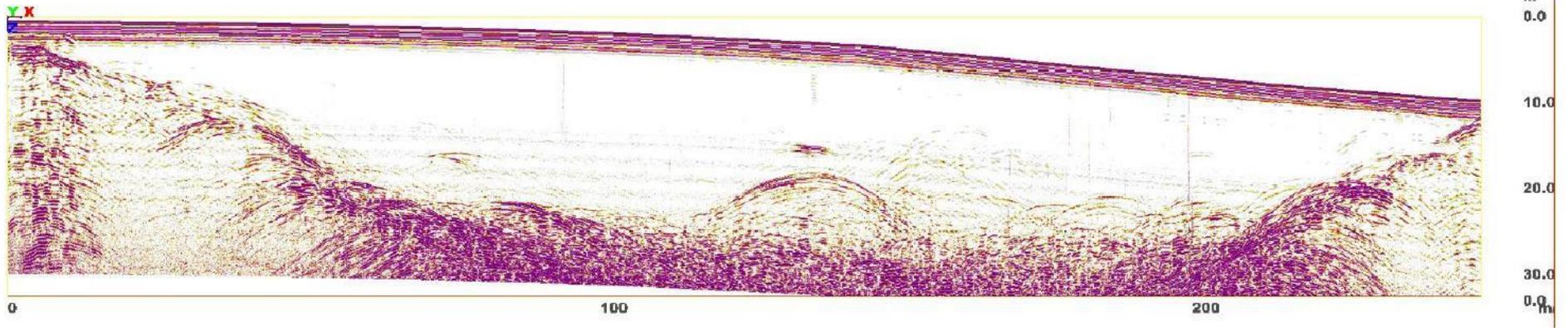


Perfil Geofísico Nº 10

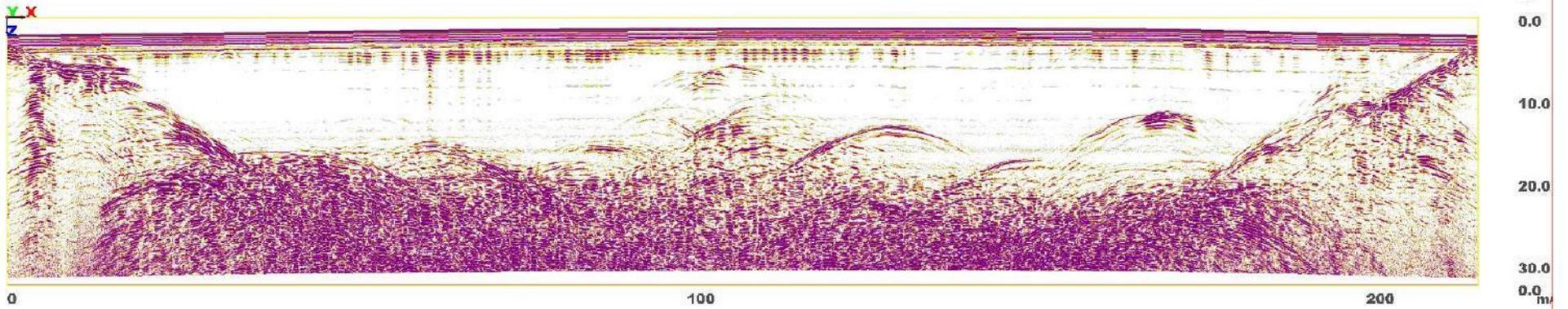


Perfil Geofísico Nº 11

CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



Perfil Geofísico N° 12

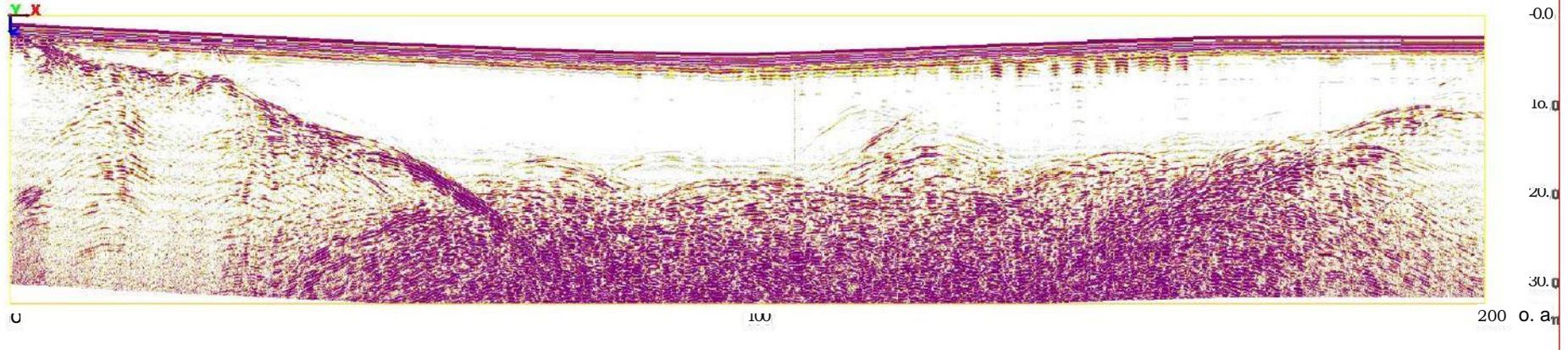


Perfil Geofísico N° 13



GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



MEMORIA

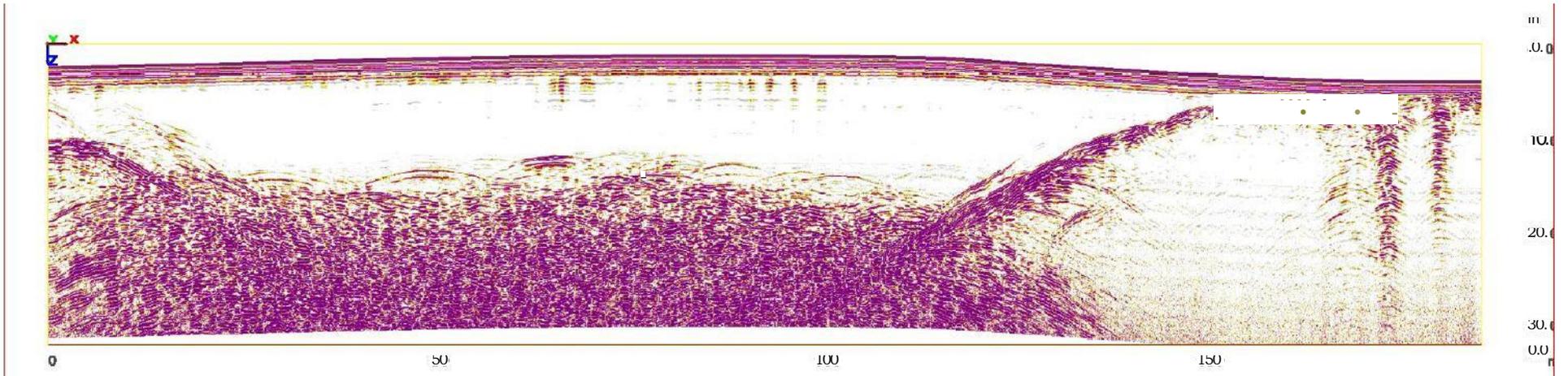


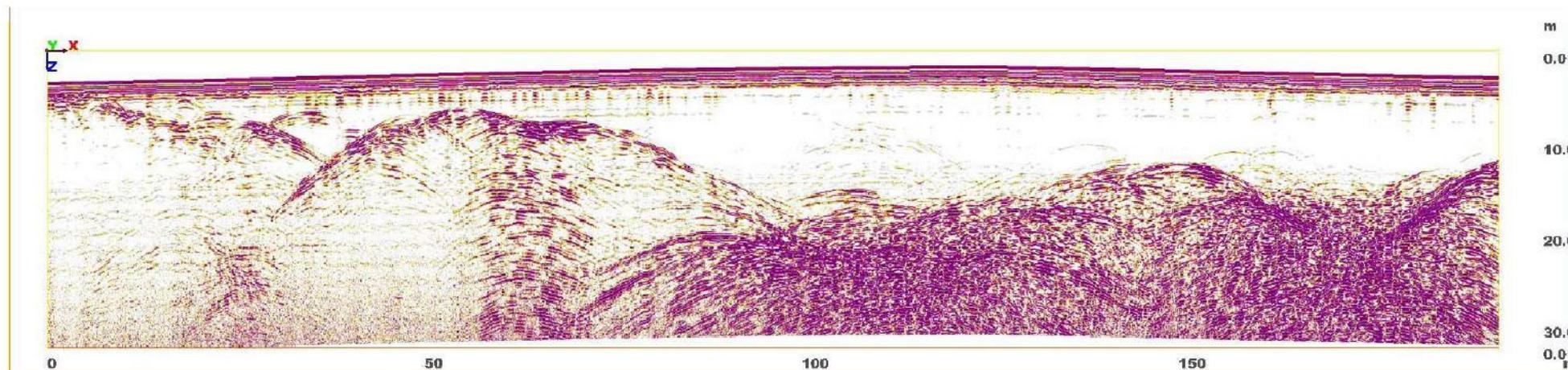
GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

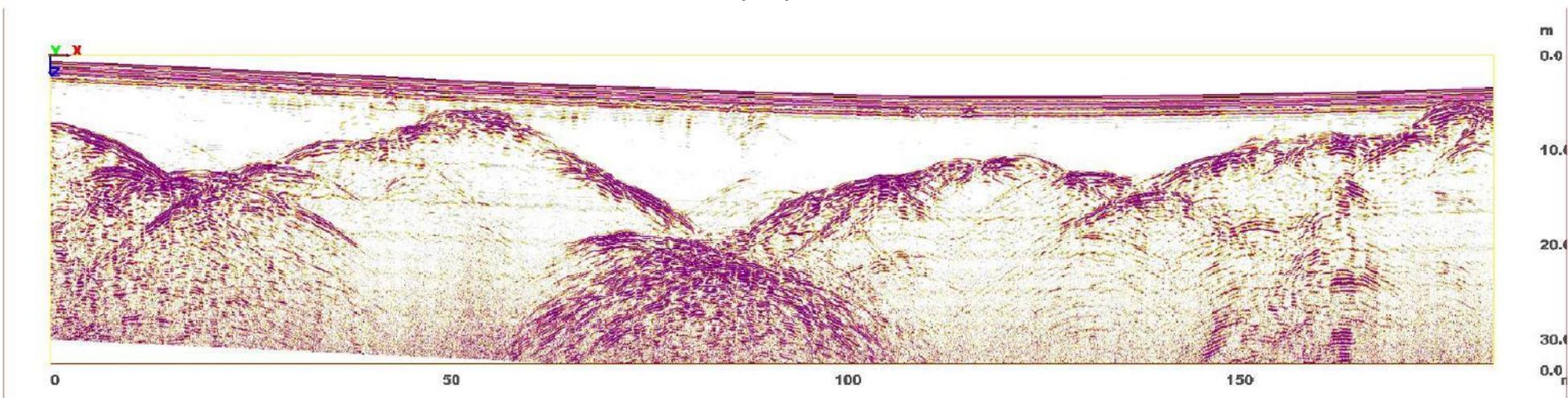


Perfil Geofísico N° 15

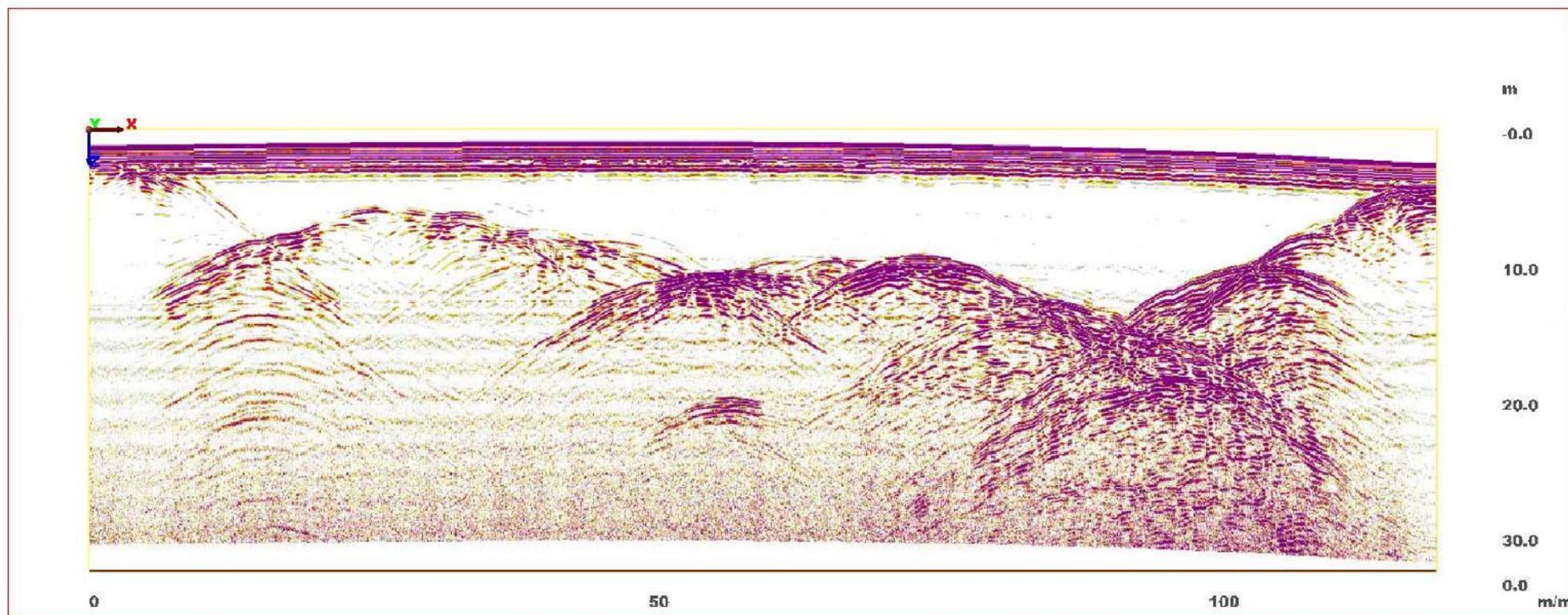




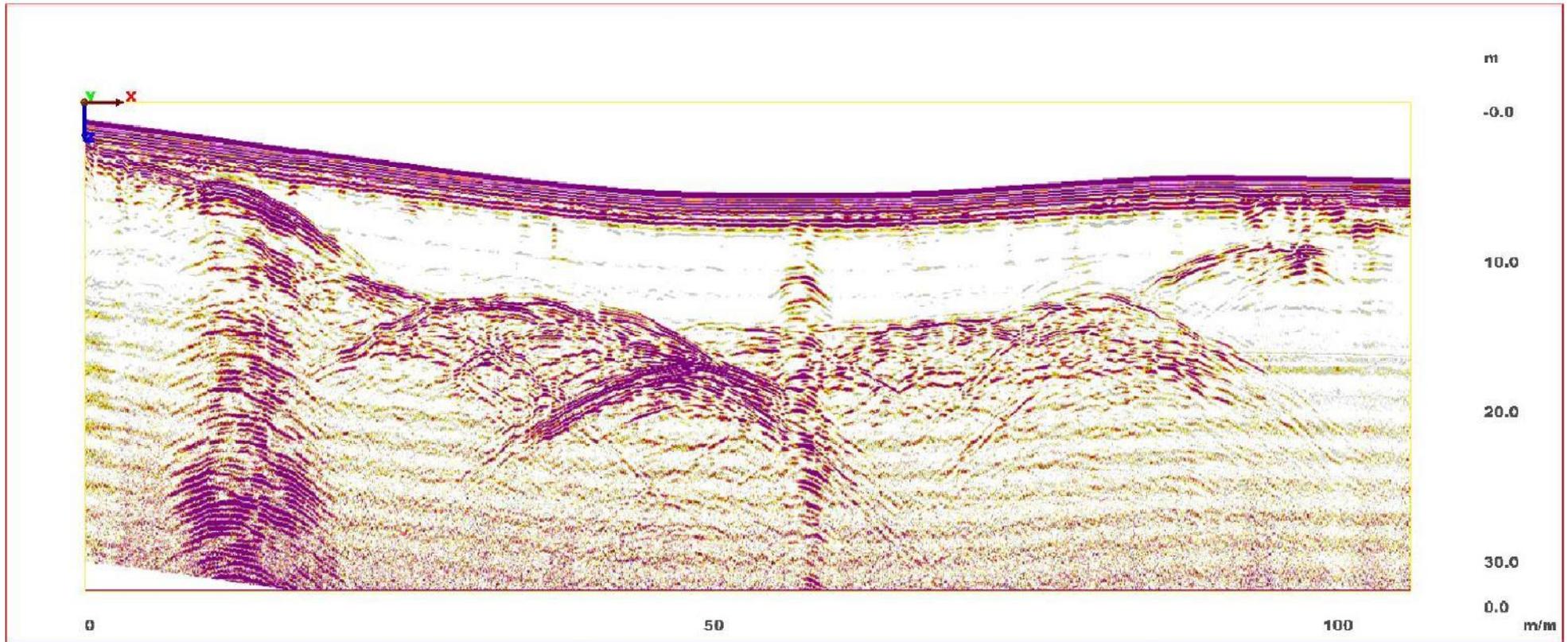
Perfil Geofísico N° 16



Perfil Geofísico N° 17



Perfil Geofísico Nº 18



Perfil Geofísico Nº 19

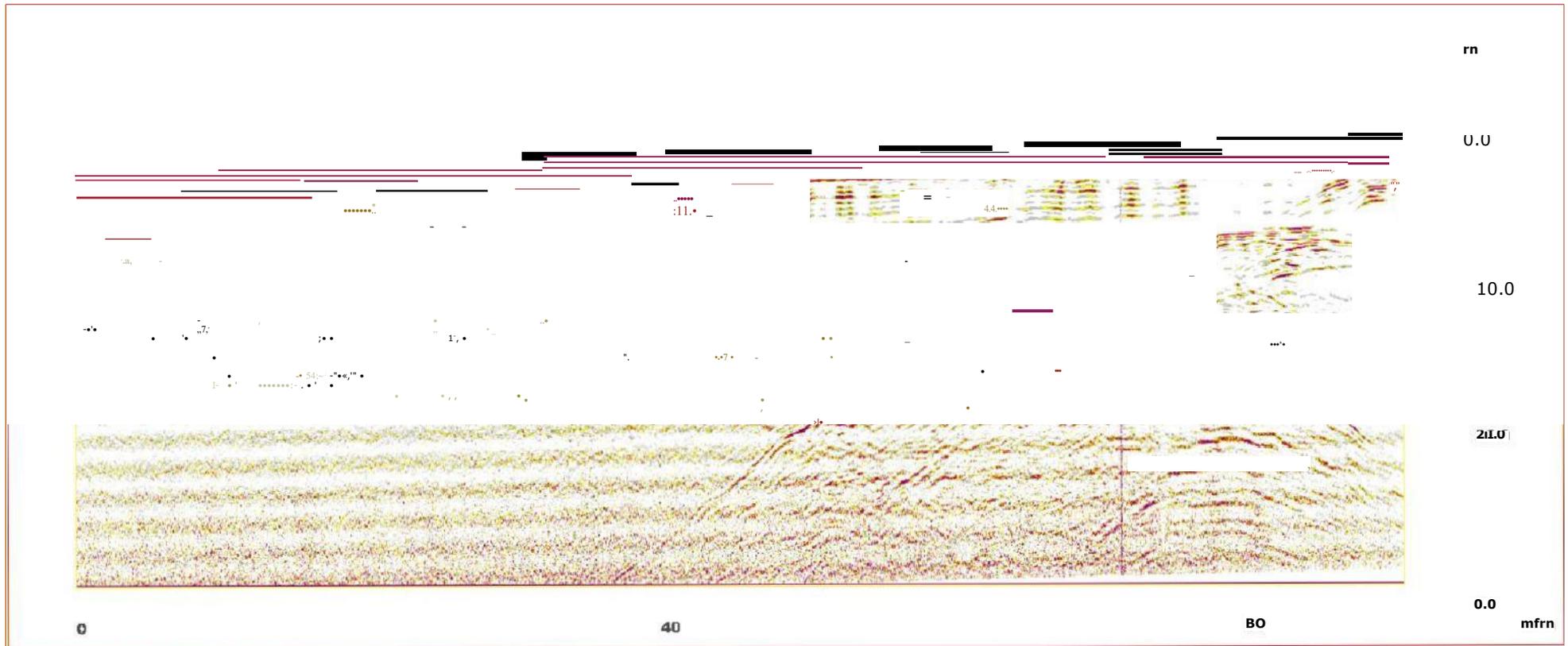


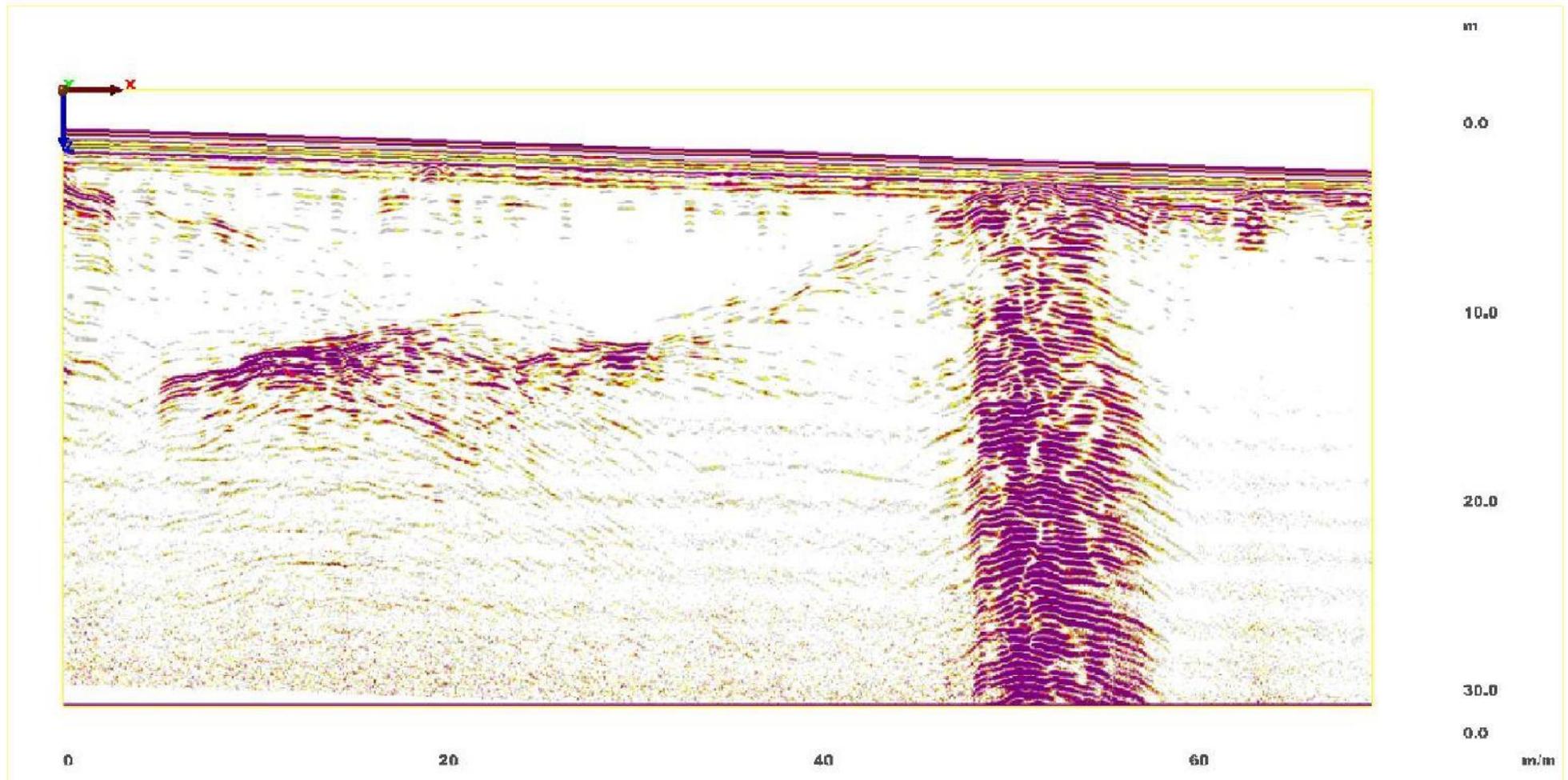
GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



perfil Geofísico N° 20





Perfil Geofísico Nº 21



Perfil Geofísico Nº 22

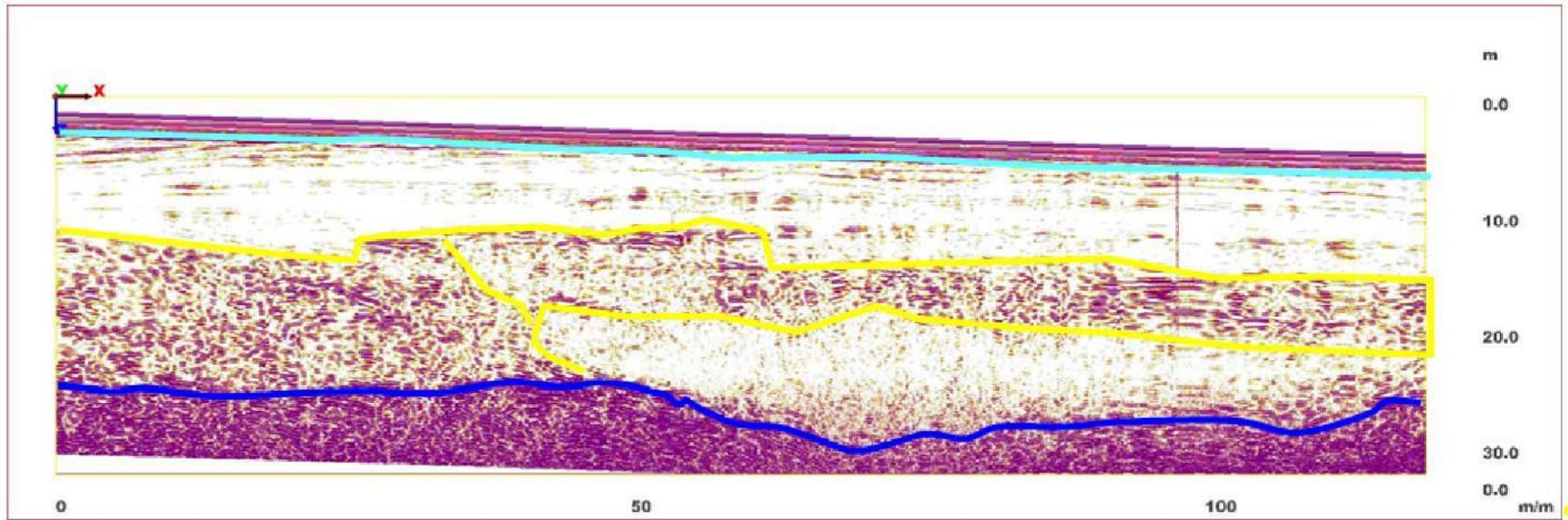
2.2.4. Radargramas procesados.

A continuación se muestran los perfiles obtenidos mediante la campaña Geofísica después de ser sometidos al proceso de análisis para la determinación de los cuatro (4) niveles estratigráficos analizados:

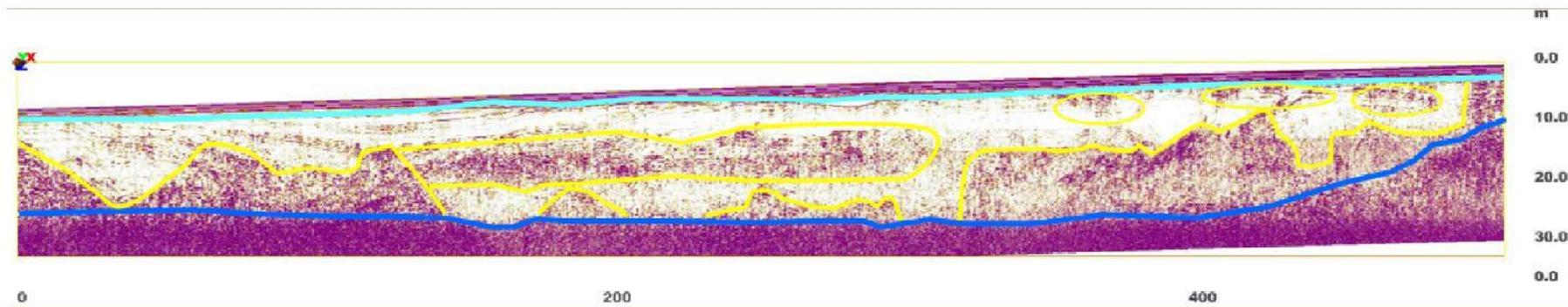
- **Capa nieve-firn.**
- **Formaciones endoglaciares.**
- **Zócalo granítico.**
- **Fracturas y grietas en el hielo y/o basales.**

La leyenda para la interpretación de los resultados de los radargramas es la que se muestra a continuación:

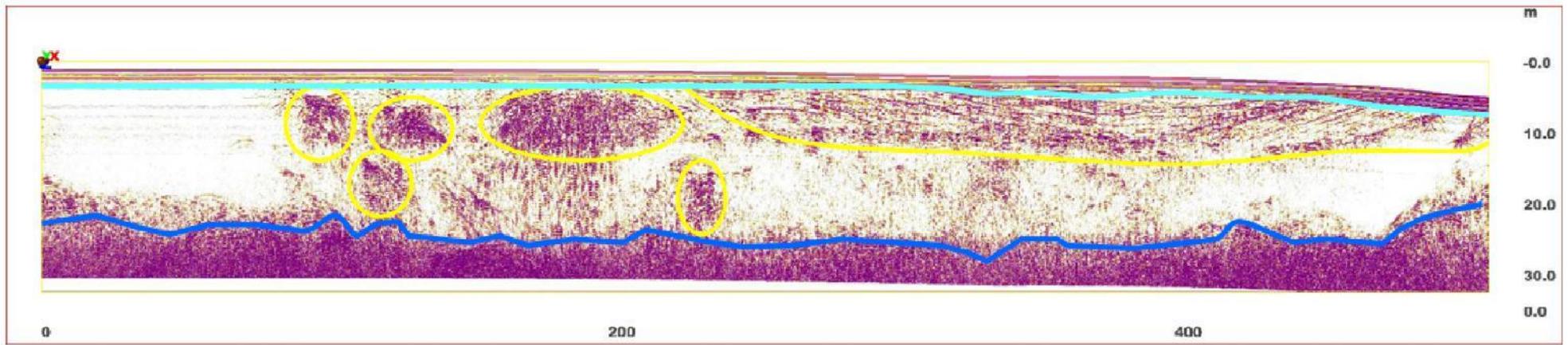




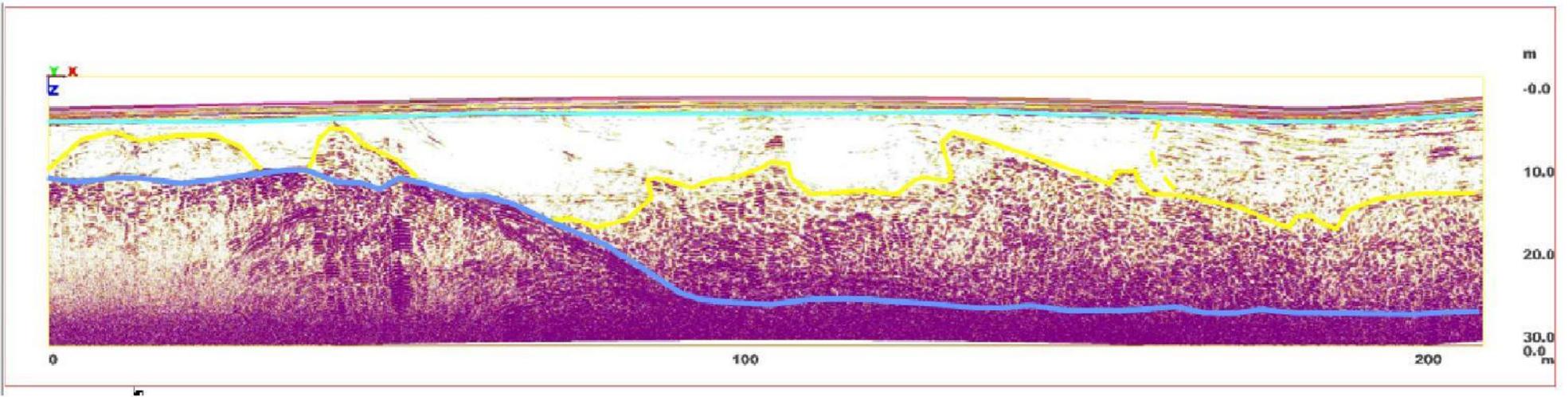
Perfil Geofísico N° 1



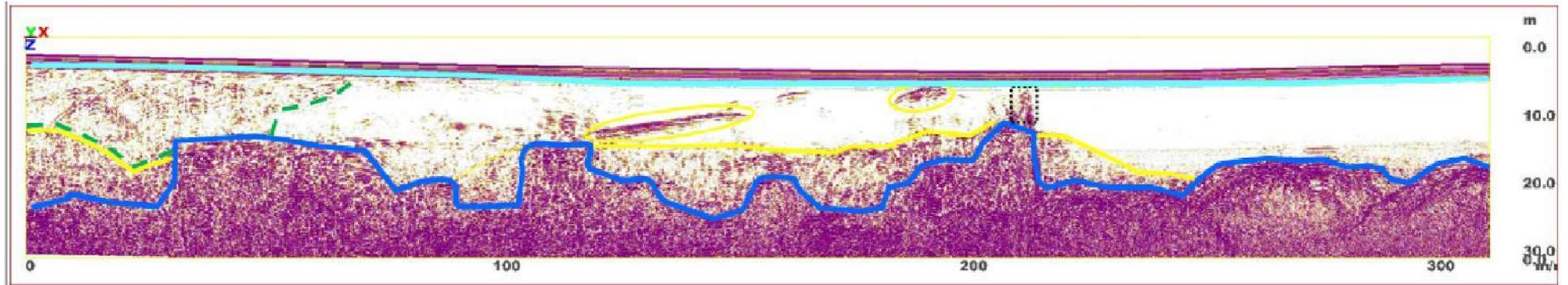
Perfil Geofísico N° 2



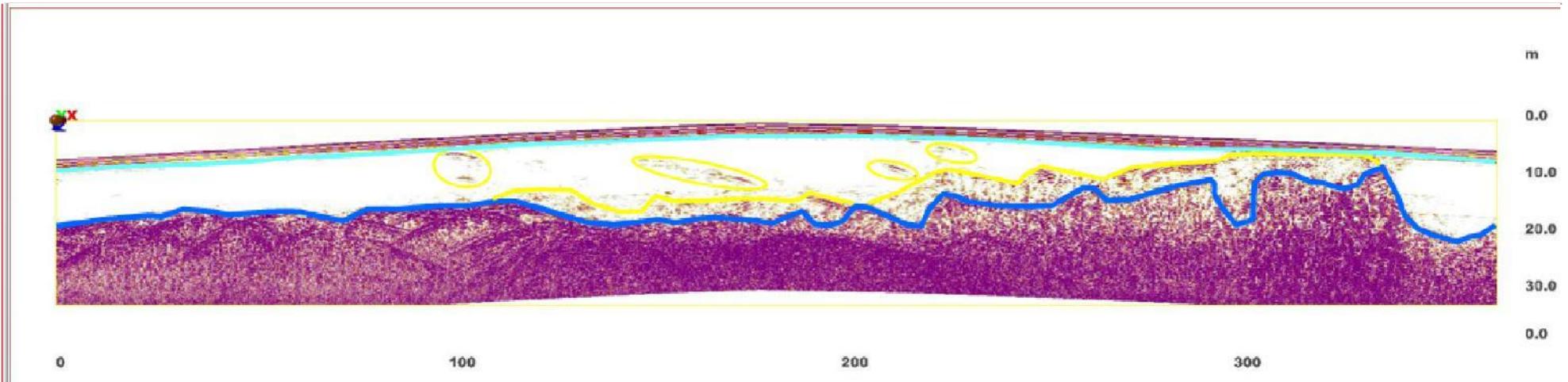
Perfil Geofísico N° 3



Perfil Geofísico N° 4

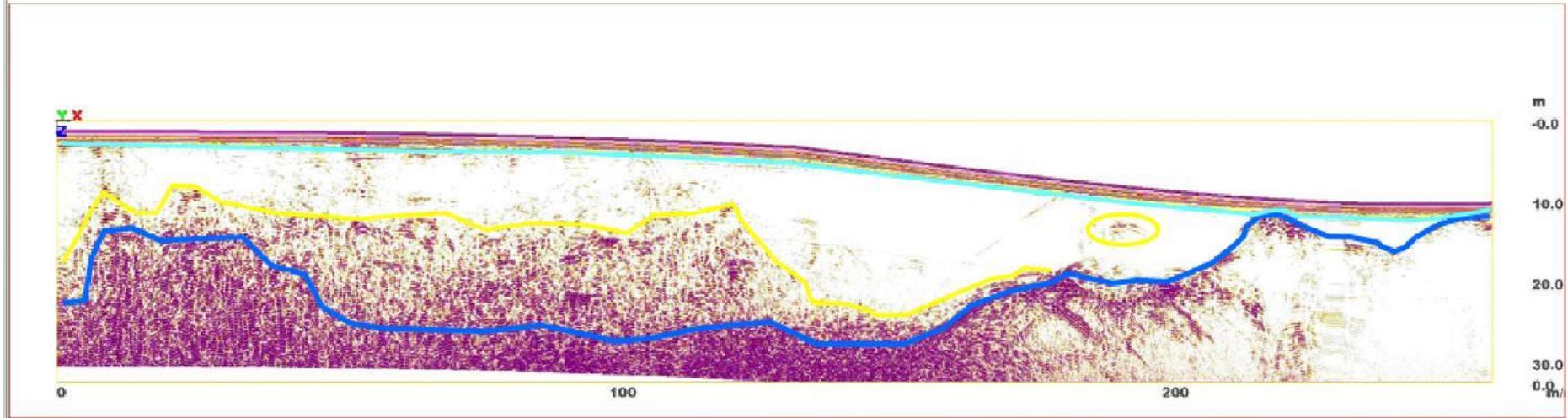


Perfil Geofísico N° 5

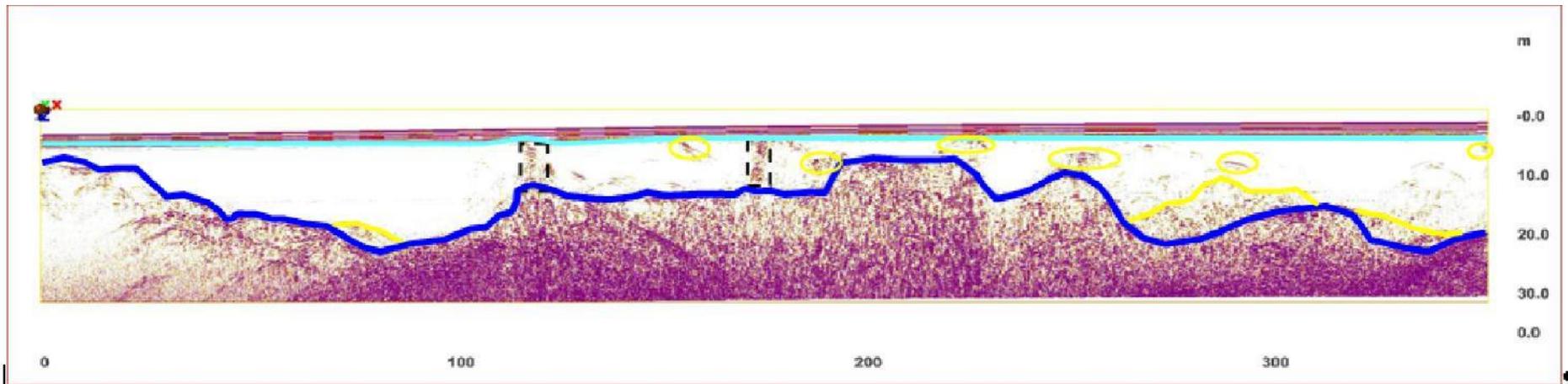


Perfil Geofísico N° 6

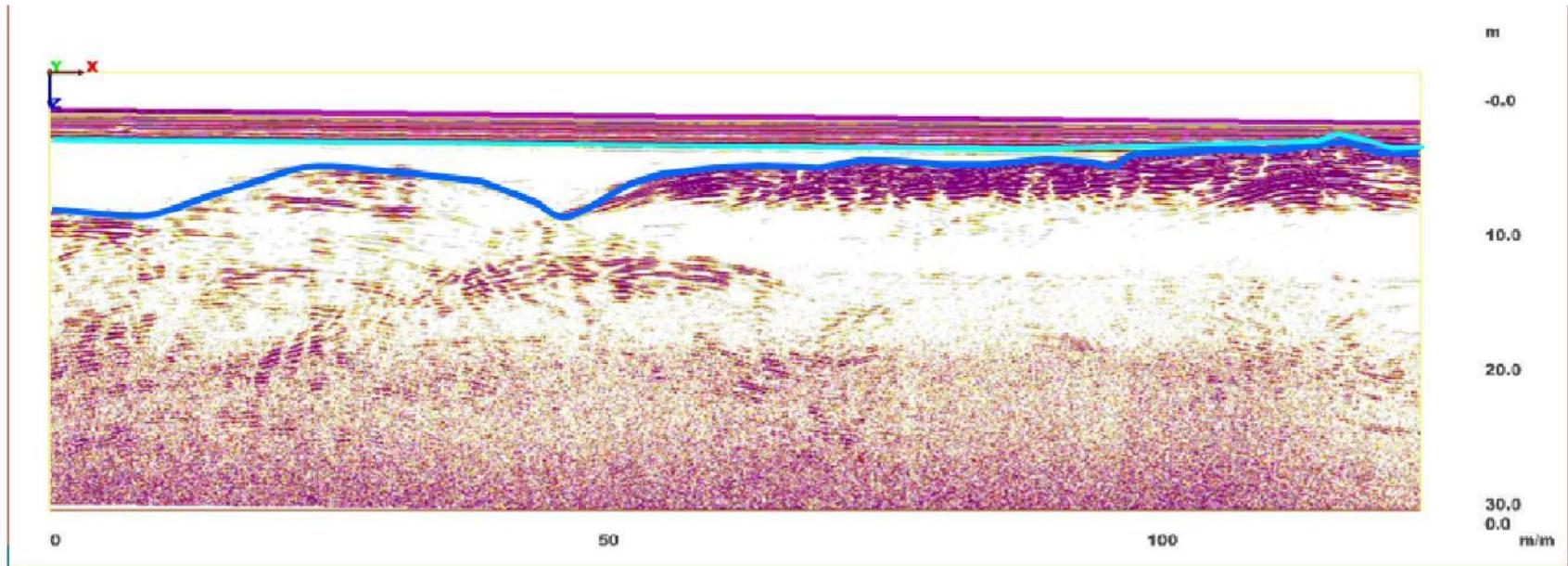
CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



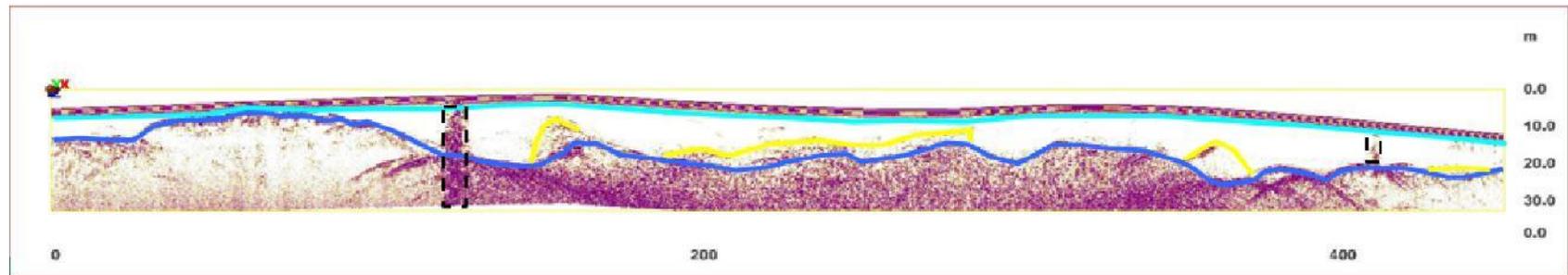
Perfil Geofísico Nº 7



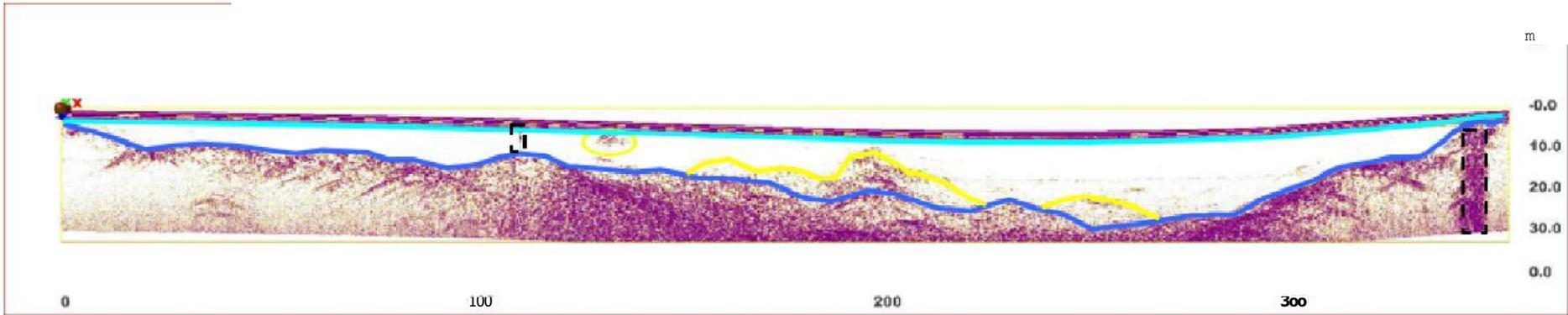
Perfil Geofísico Nº 8



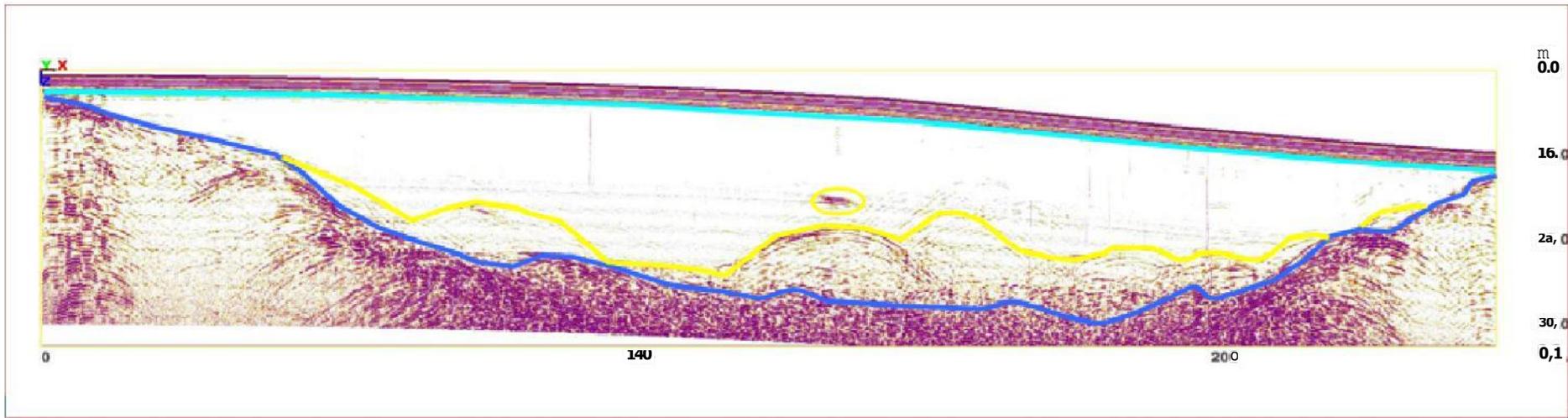
Perfil Geofísico N° 9



Perfil Geofísico N° 10

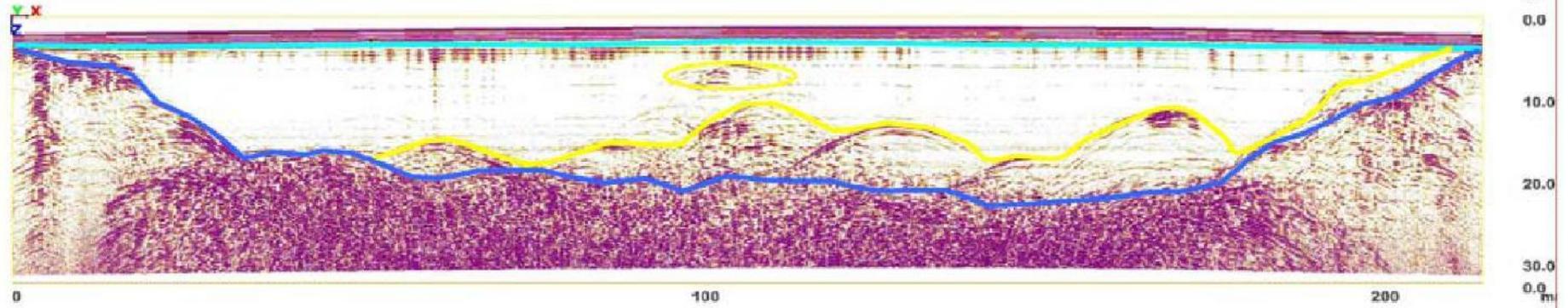


Perfil Geofísico N° 11

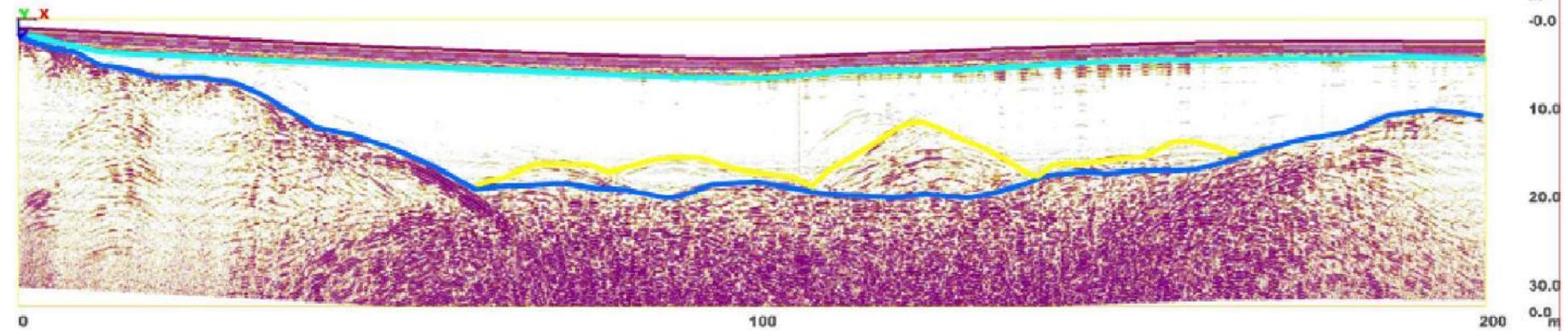


Perfil Geofísico N° 12

CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777

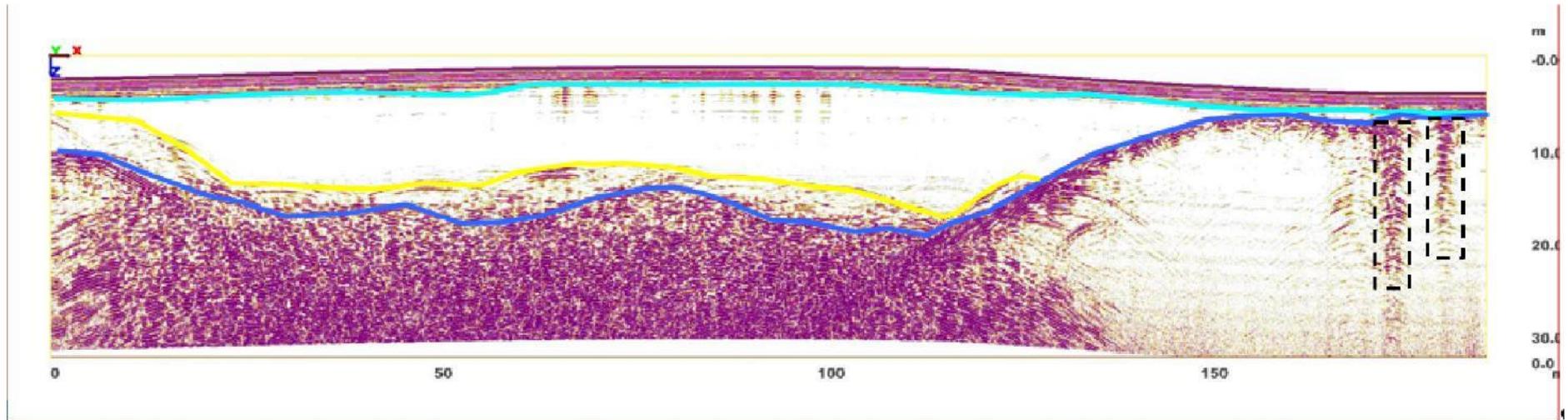


Perfil Geofísico Nº 13

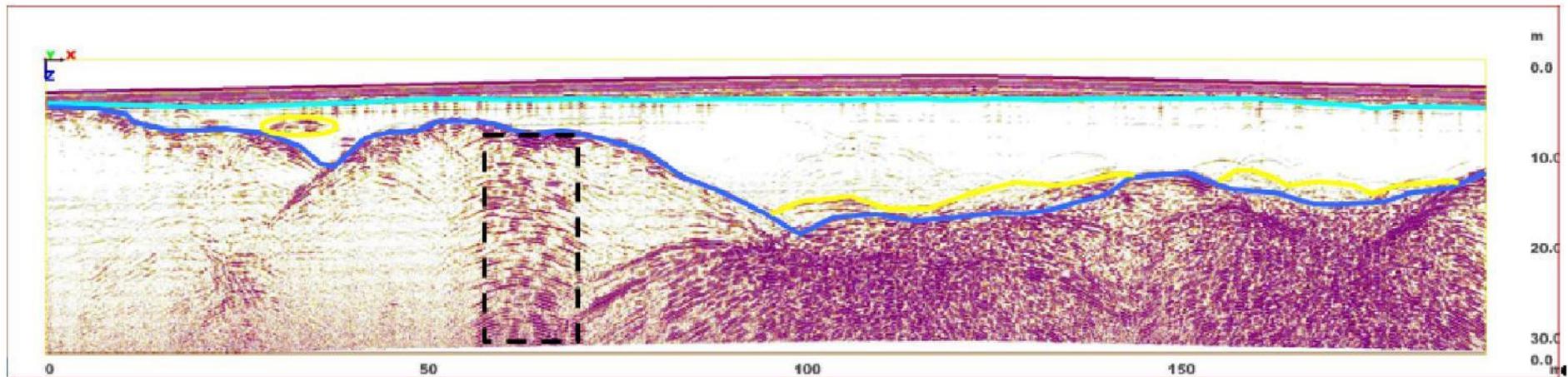


Perfil Geofísico Nº 14

CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777

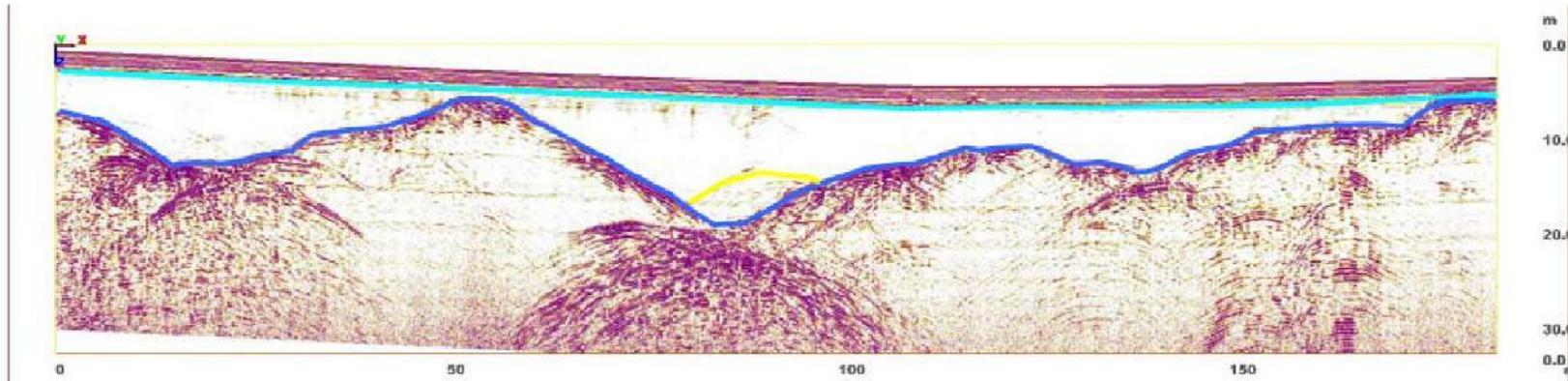


Perfil Geofísico Nº 15

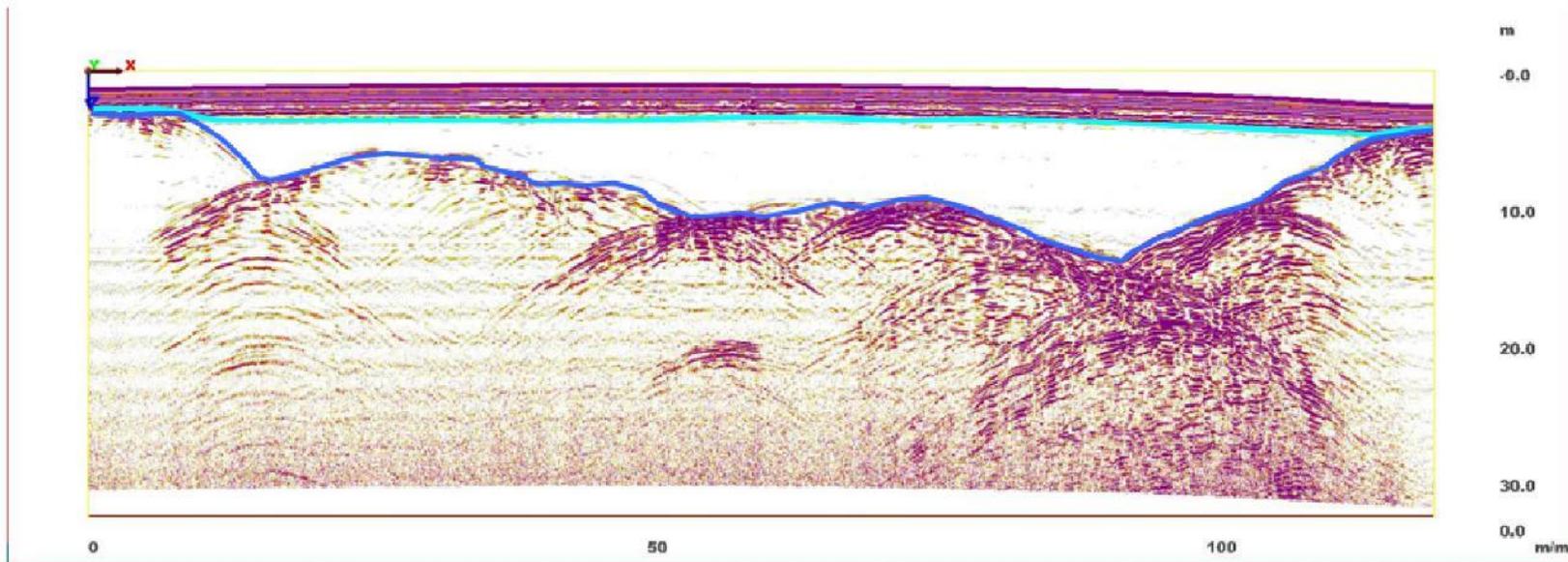


Perfil Geofísico Nº 16

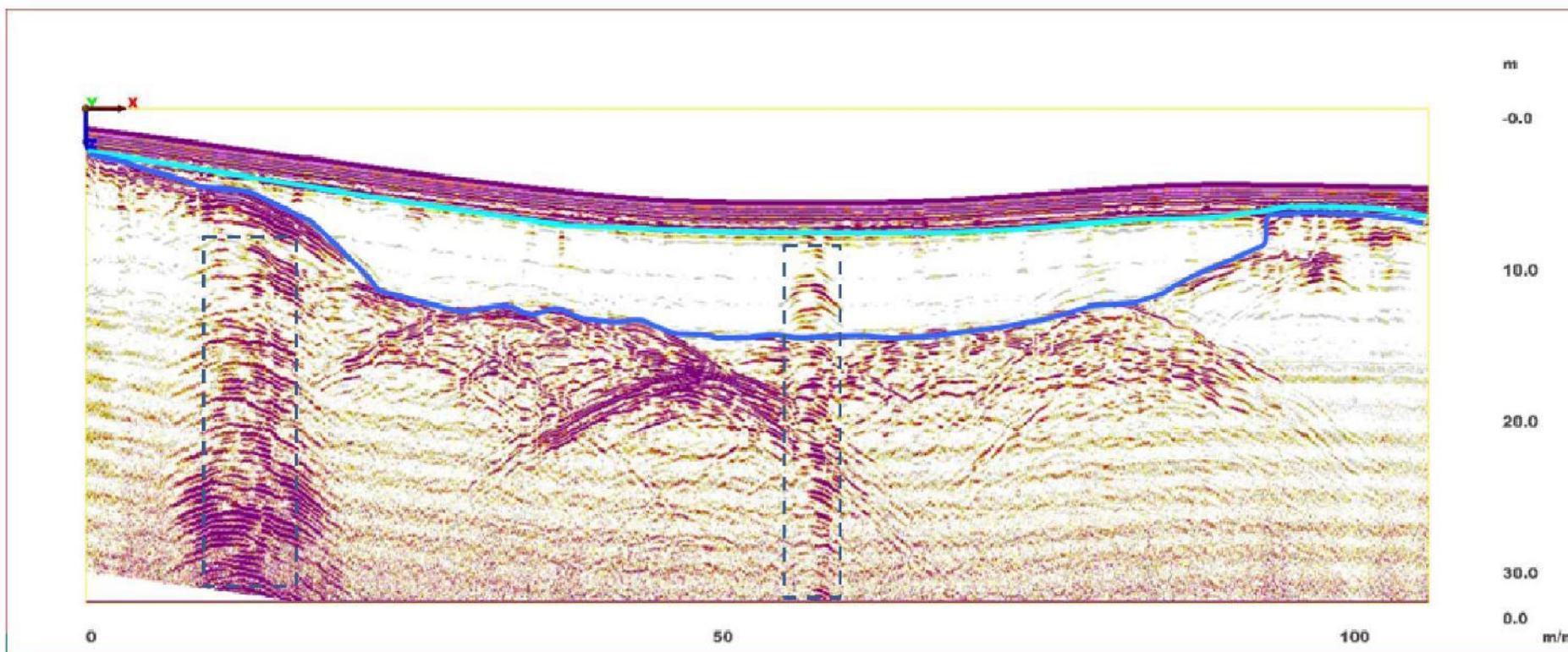
CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



Perfil Geofísico Nº 17



Perfil Geofísico Nº 18

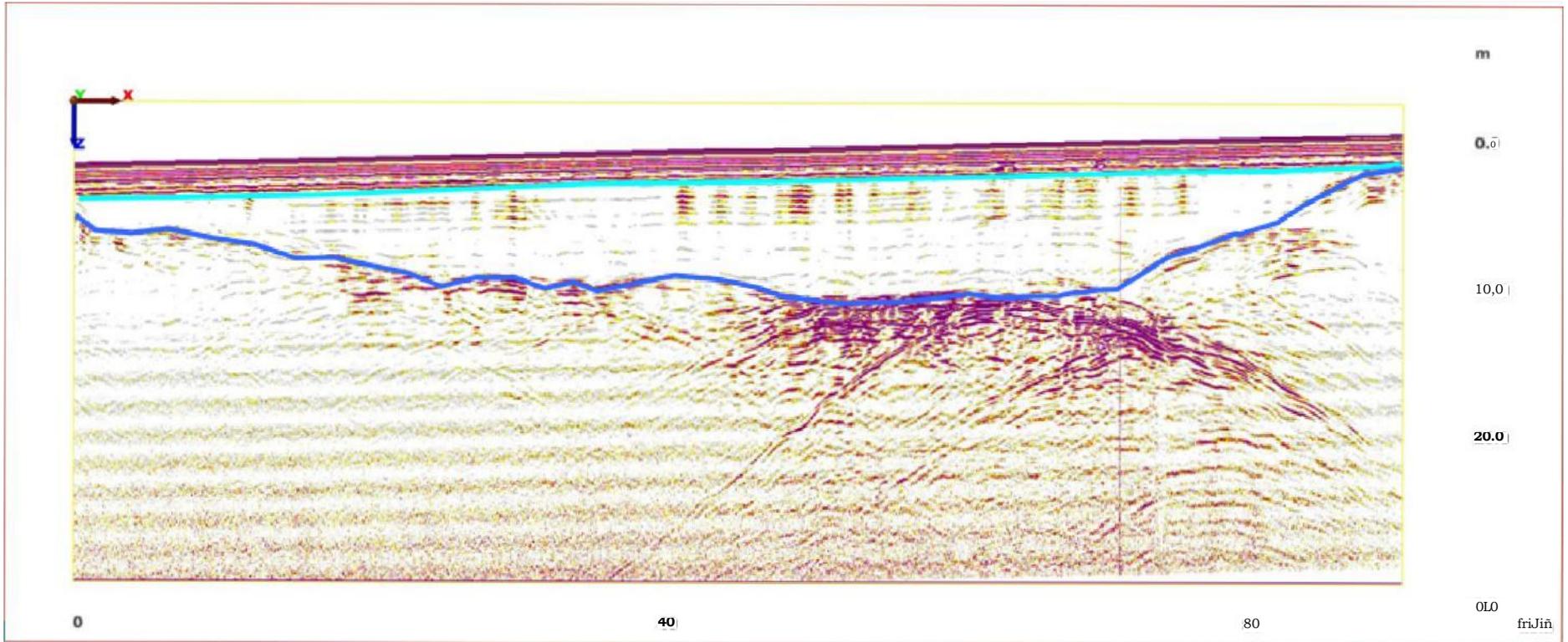


Perfil Geofísico Nº 19

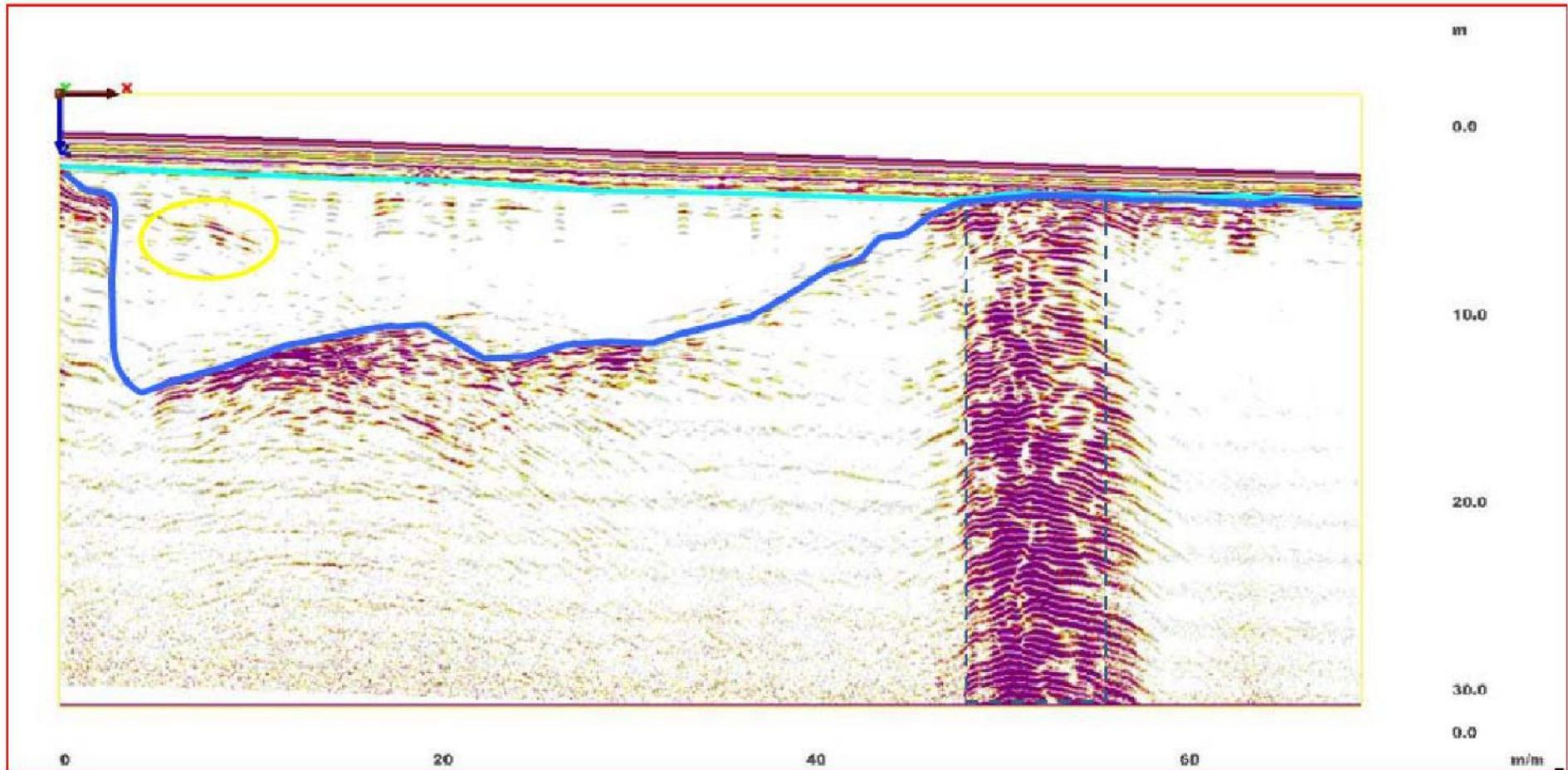


GOBIERNO DE ESPAÑA

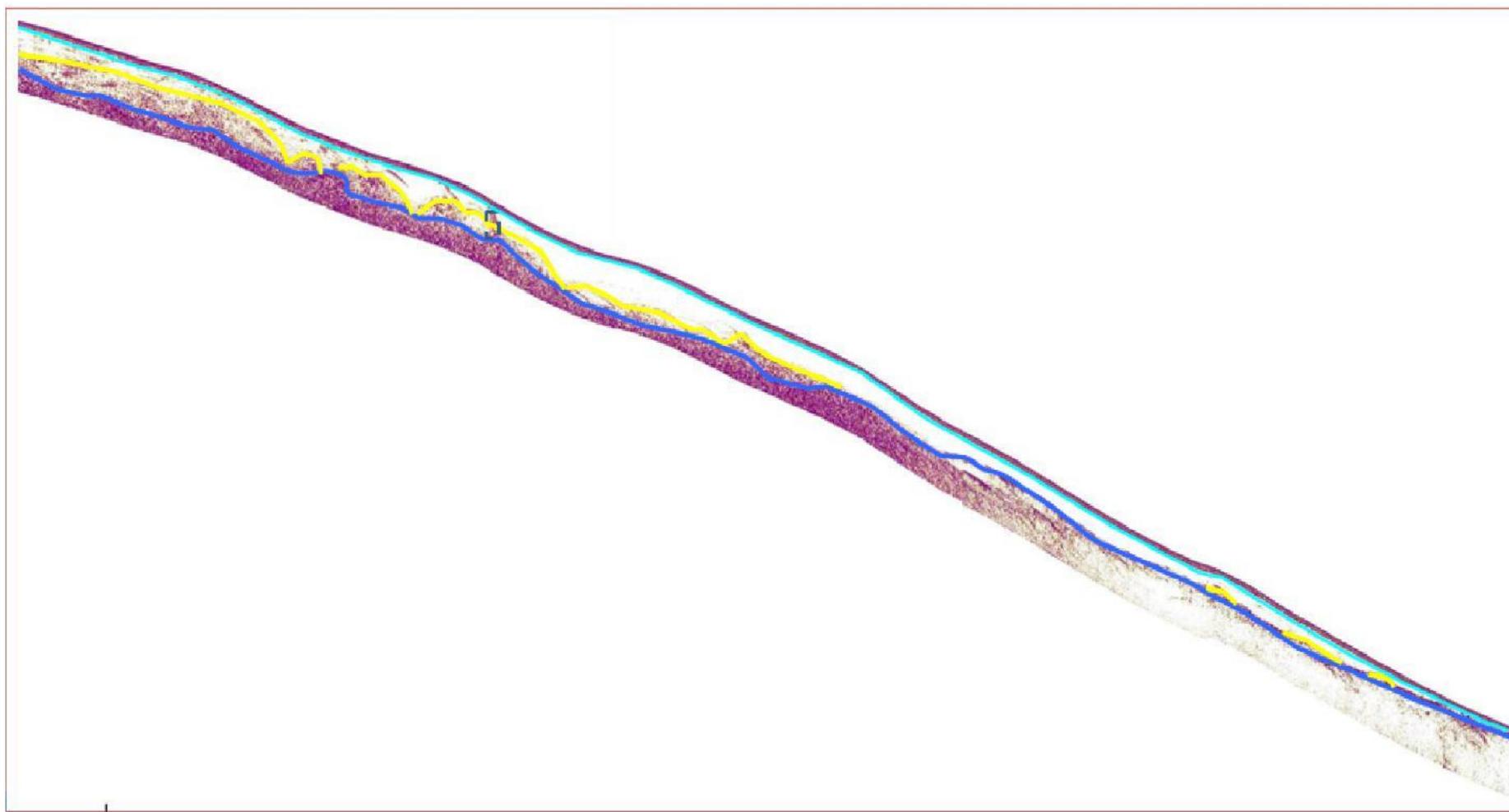
VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



erfil Geofísico N° 20



Perfil Geofísico Nº 21



Perfil Geofísico Nº 22

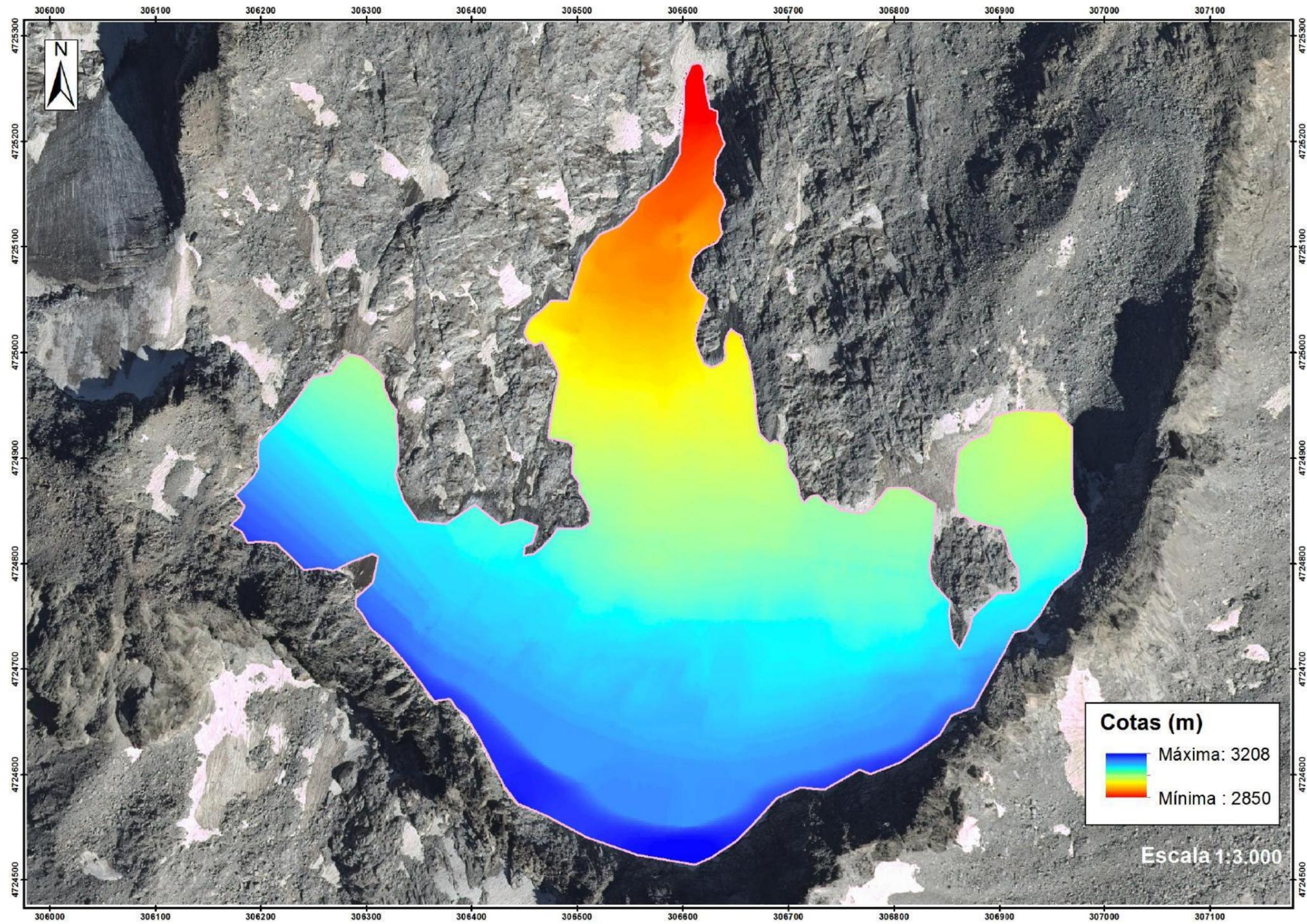


3. MODELADO DEL GLACIAR.

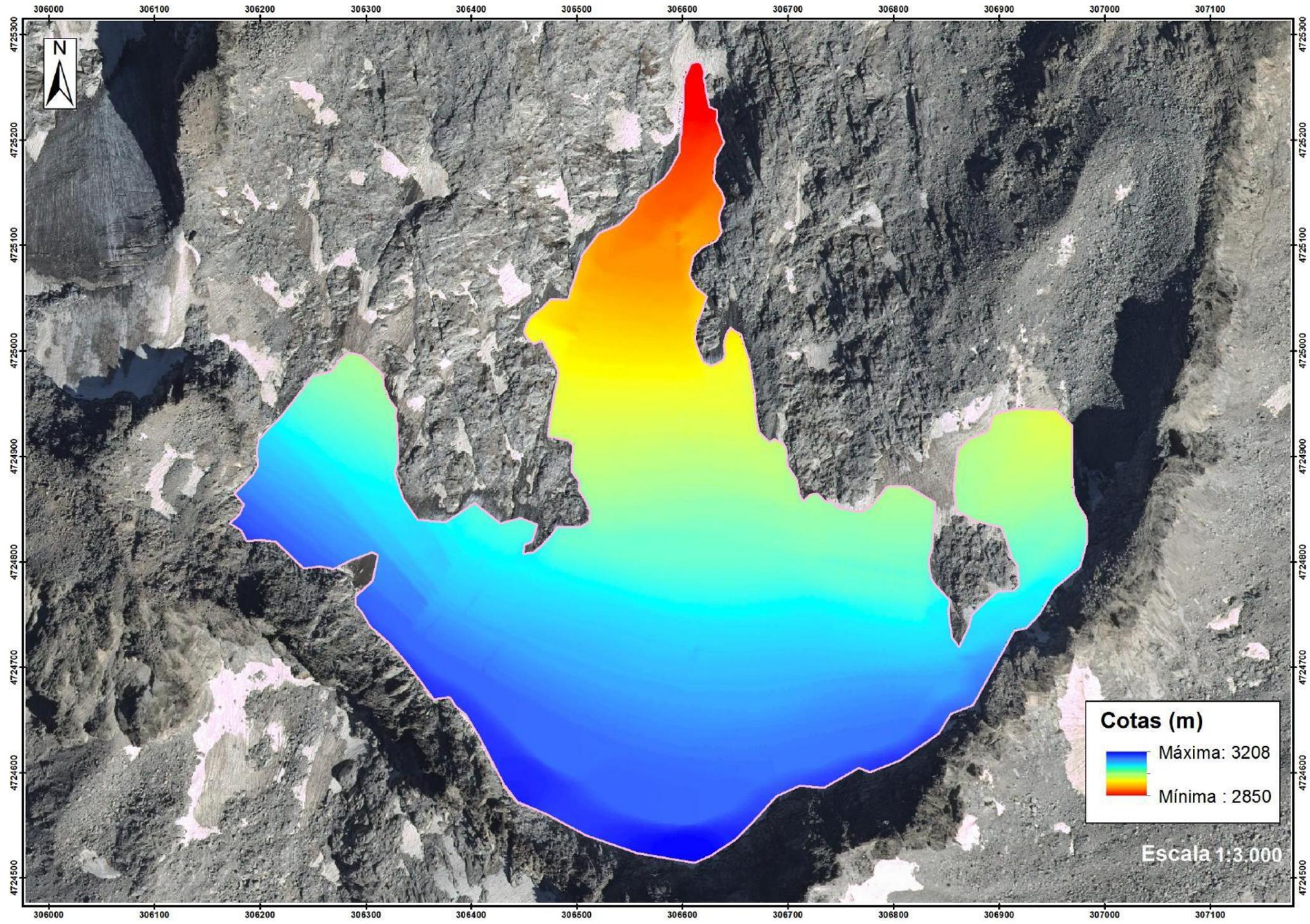
3.1. MODELADO 2D.

A continuación se muestran los resultados obtenidos del modelados 2D:

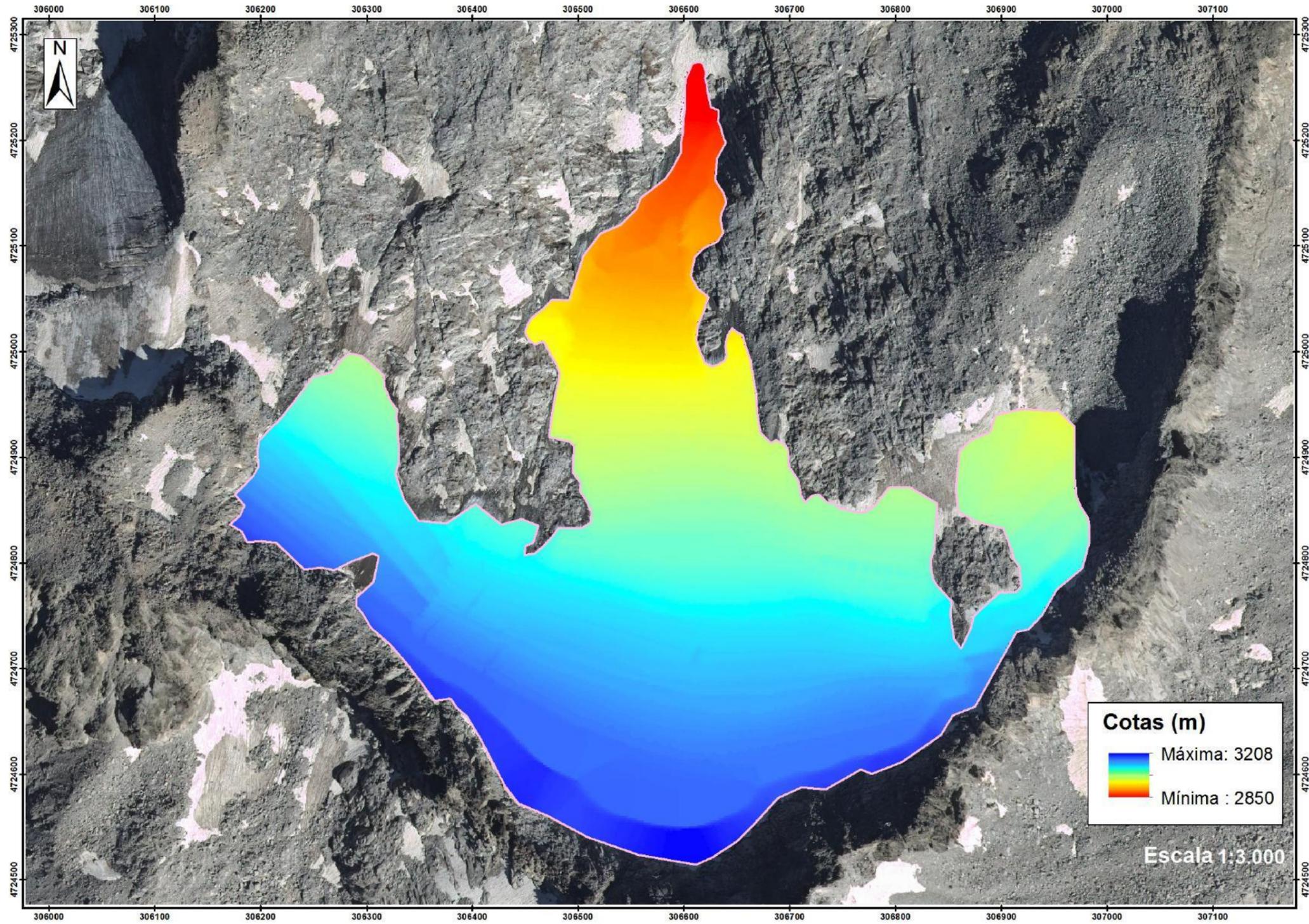
- *Modelo Digital de Elevaciones del zócalo granítico*
- *Modelo Digital de Elevaciones de la capa superficial de hielo glaciar*
- *Modelo Digital de Elevaciones de la capa de nieve*
- *Mapa de espesores de hielo*
- *Curvas de nivel de espesores de hielo*
- *Perfil longitudinal de espesores de hielo*
- *Perfil transversal de espesores de hielo*



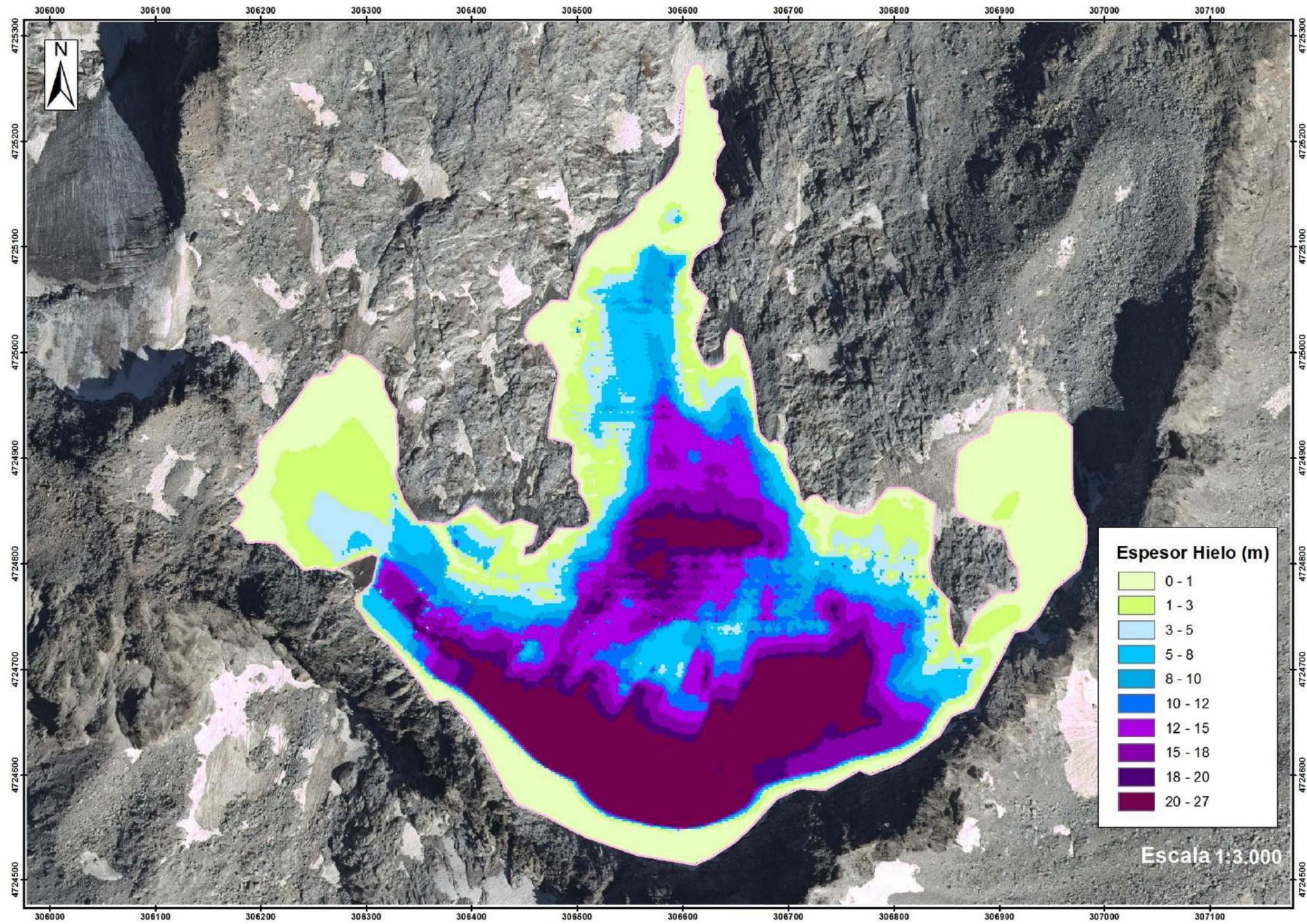
Modelo Digital de Elevaciones del zócalo granfítico



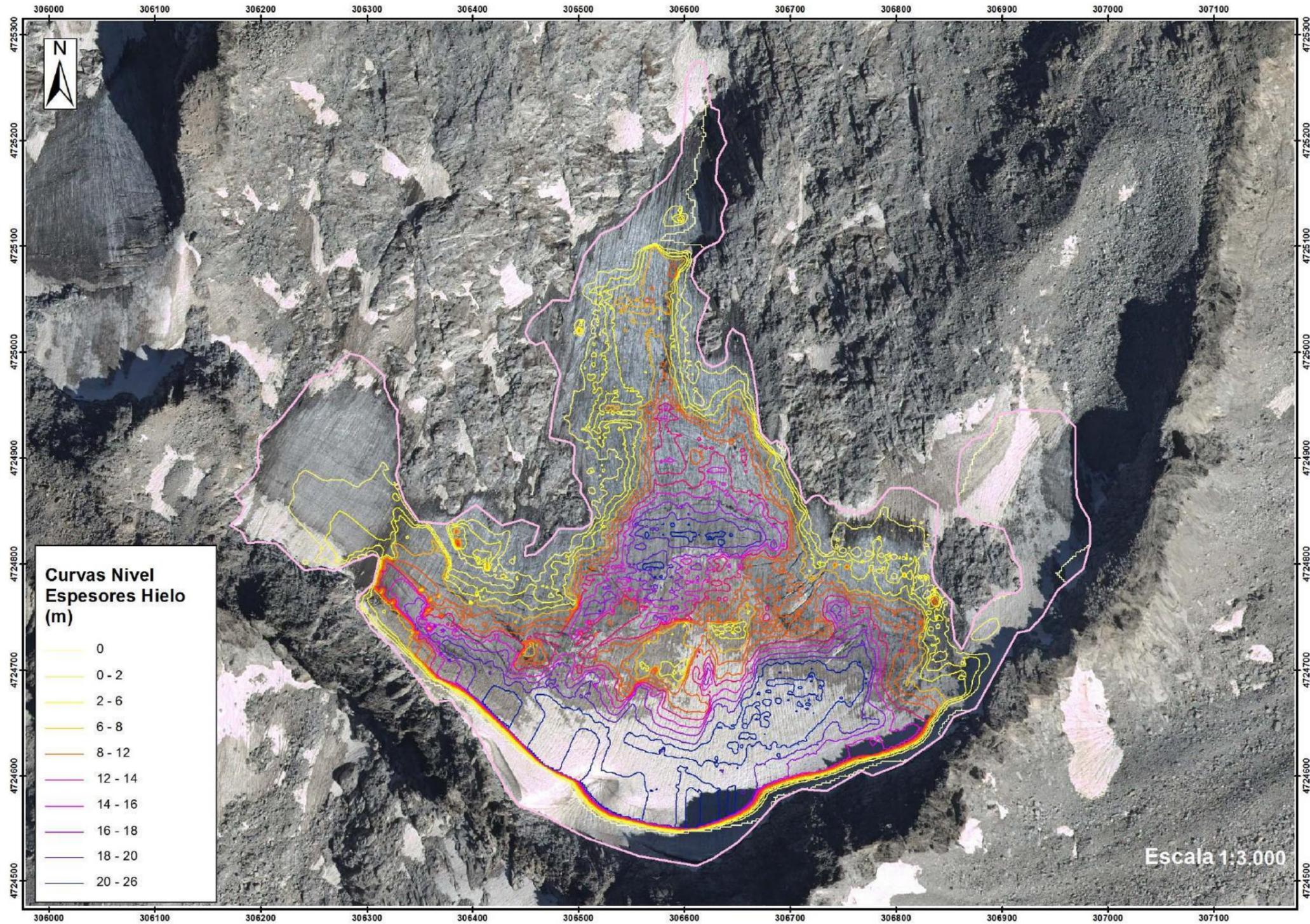
Modelo Digital de Elevaciones de la capa superficial de hielo glaciar



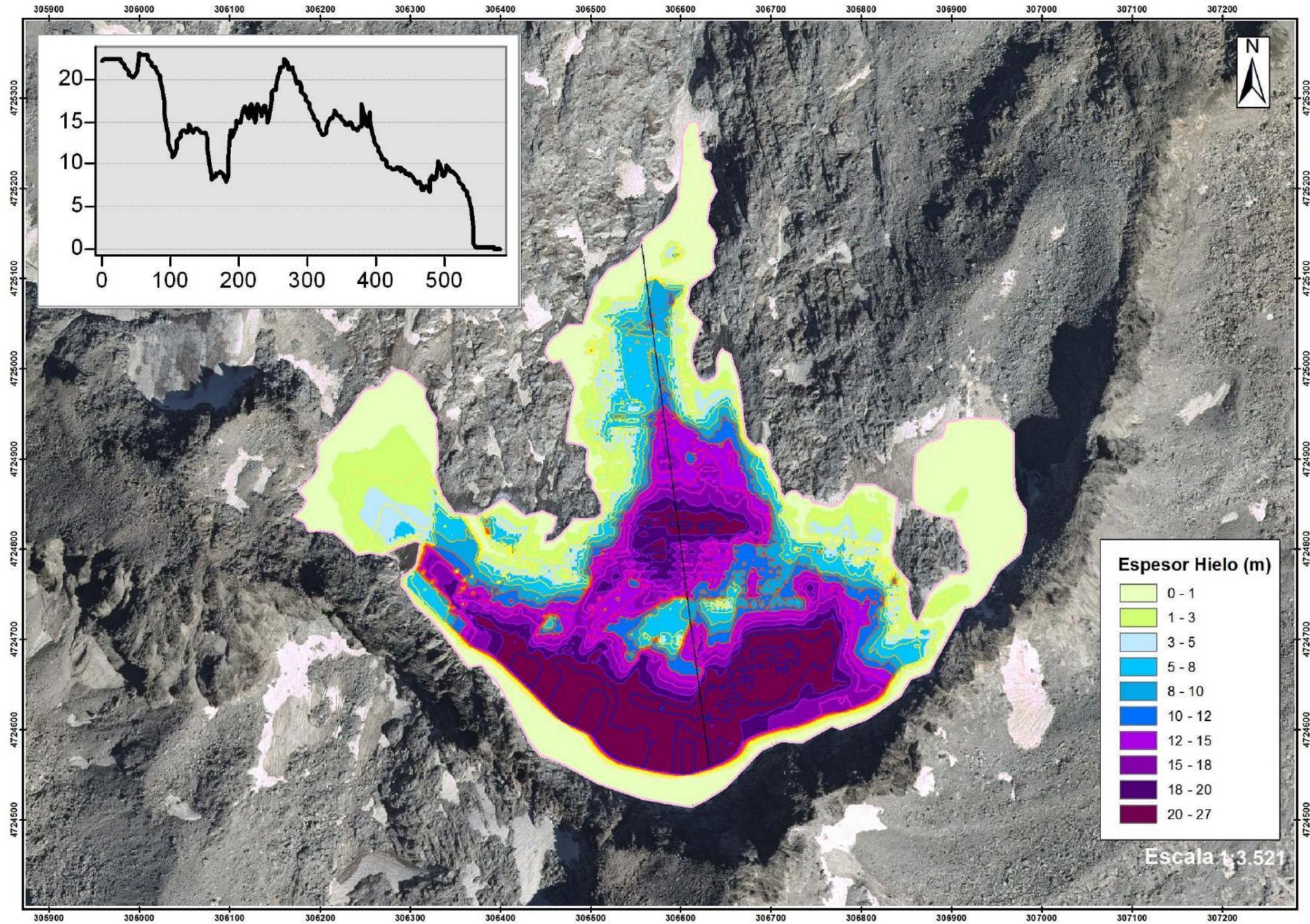
Modelo Digital de Elevaciones de la capa de nieve



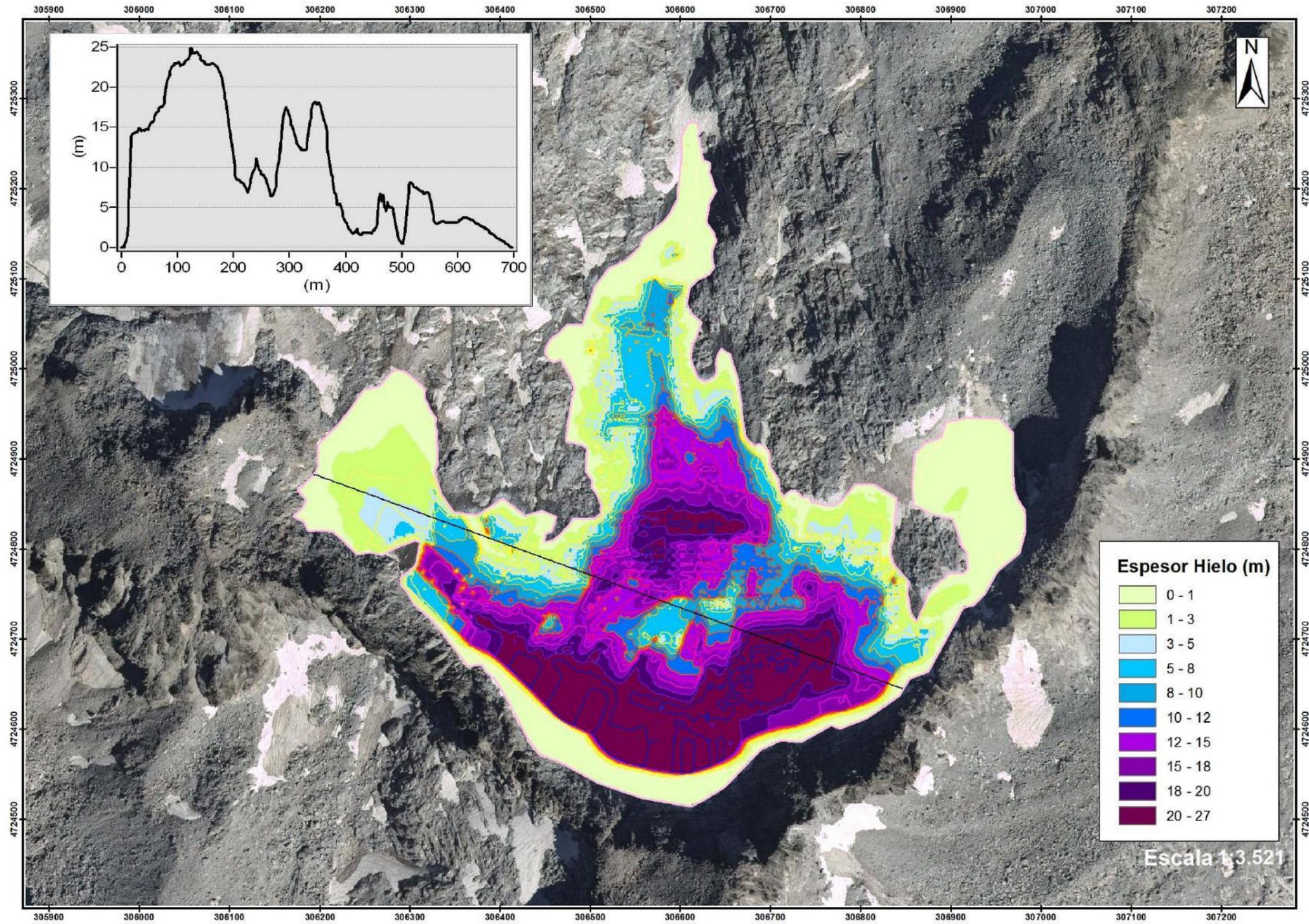
Mapa de espesores de hielo



Curvas de nivel de espesores de hielo



Perfil longitudinal de espesores de hielo



Perfil transversal de espesores de hielo



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

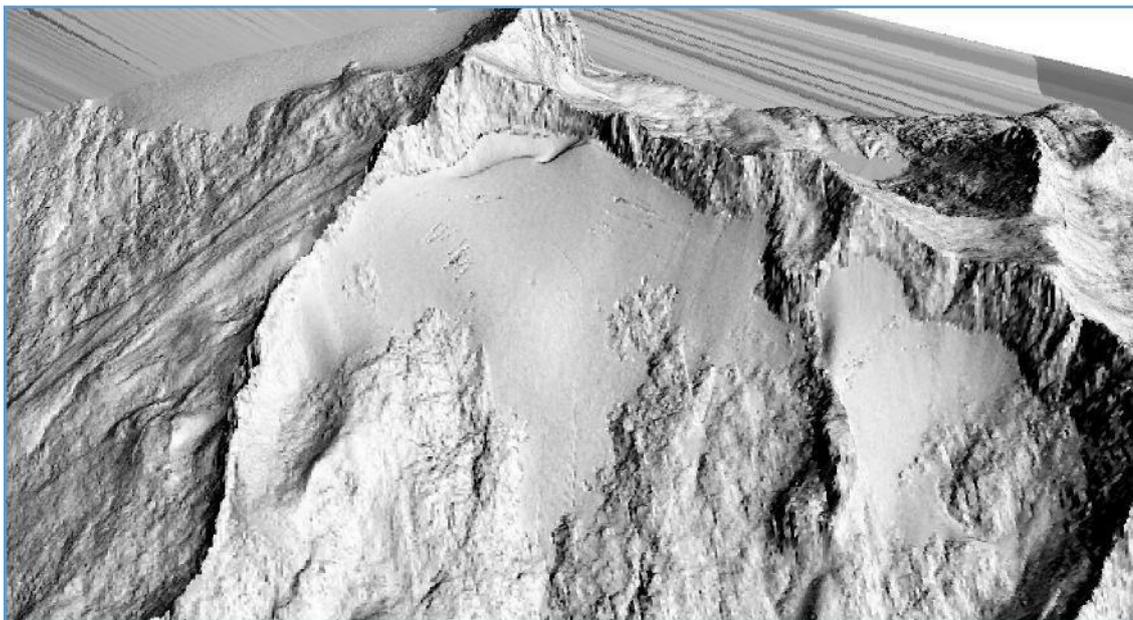


**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**

3.2. MODELADO 3D.

Los resultados del presente estudio han sido calculados atendiendo a su posición geográfica en 3 dimensiones. En el apartado anterior se han ilustrado en formato de dos dimensiones para una más fácil geolocalización en los mapas de trabajo.

En este apartado se muestran los resultados, imágenes y modelo digital del terreno pero con una visión tridimensional, lo que otorga mayor realismo y mejora su geolocalización en campañas e campo puesto que aparece resaltada toda la orografía.

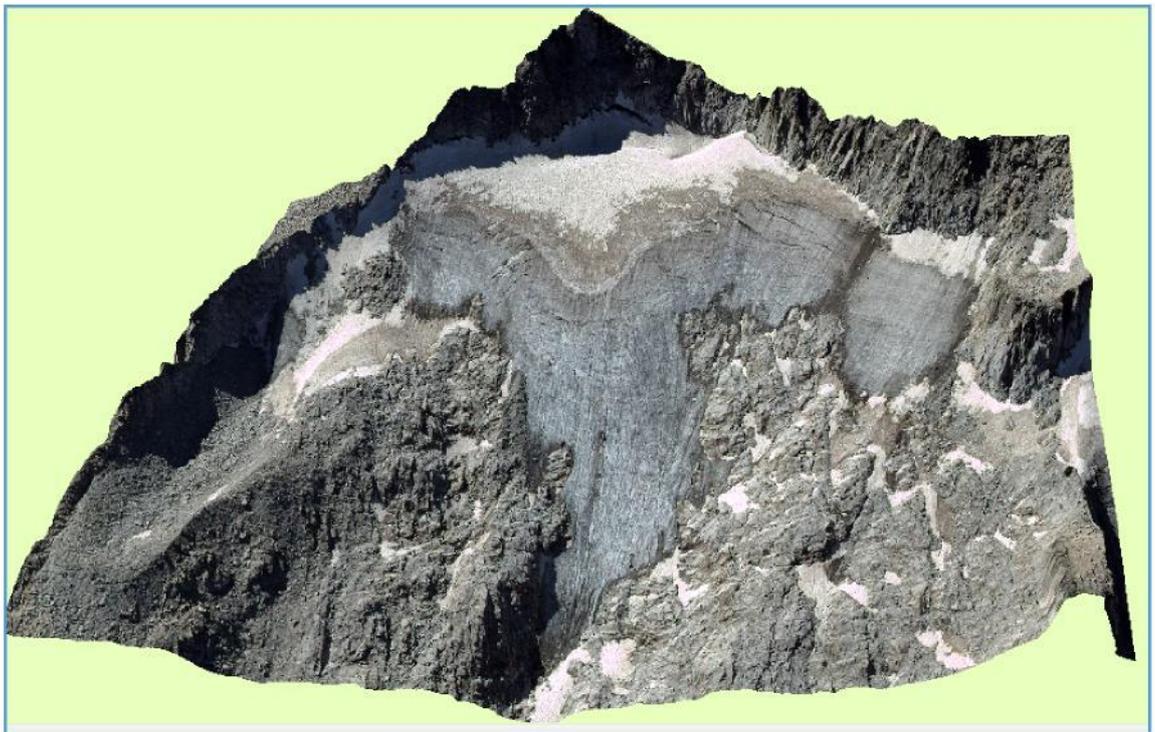


MDE Lidar 2011 con resolución 1 x 1 M. Vista del glaciar y su entorno próximo.

**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**

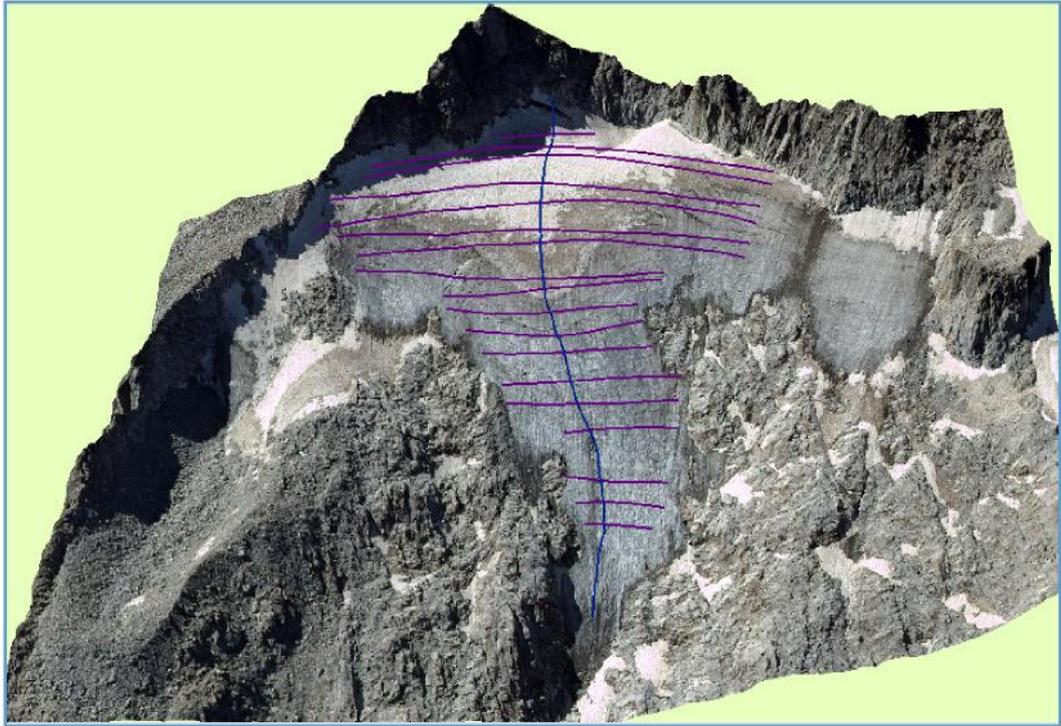


Vista lateral del glaciar. Imagen del 2016 con resolución de 50cm.



Vista frontal del glaciar. Imagen del 2016 con resolución de 50cm.

**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**



Vista frontal del glaciar y perfiles de toma de datos en campo.

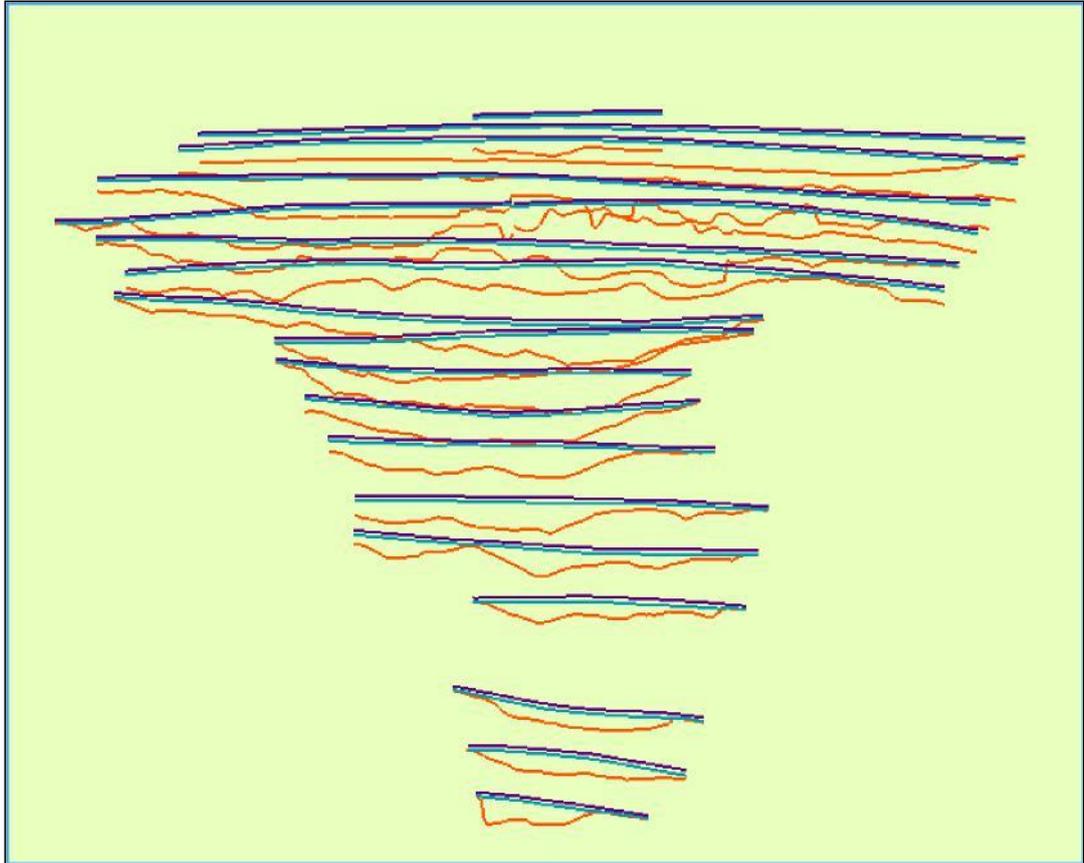


GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



Vista frontal de los perfiles de la capa de nieve (Azul), capa de hielo (cian) y lecho rocoso (marrón).

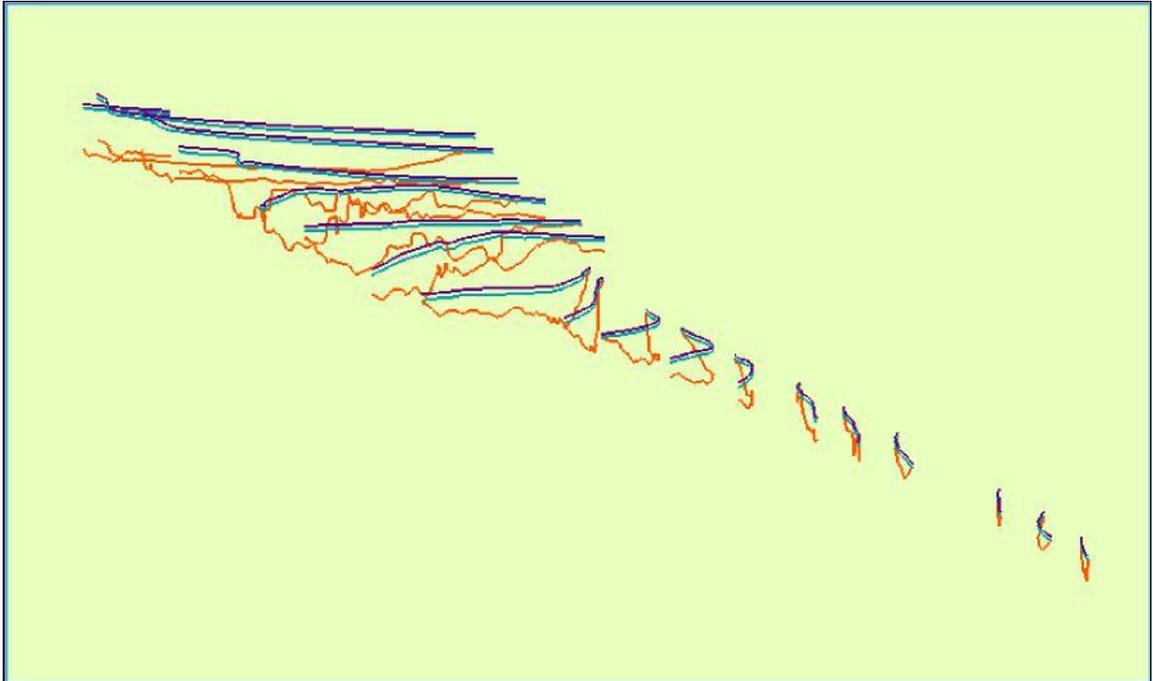


GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



Vista lateral de los perfiles de la capa de nieve (Azul), capa de hielo (cian) y lecho rocoso (marrón).



Vista frontal de los modelos digitales de la capa de Nieve (superior) del Hielo (medio) y del fondo glaciar (abajo)

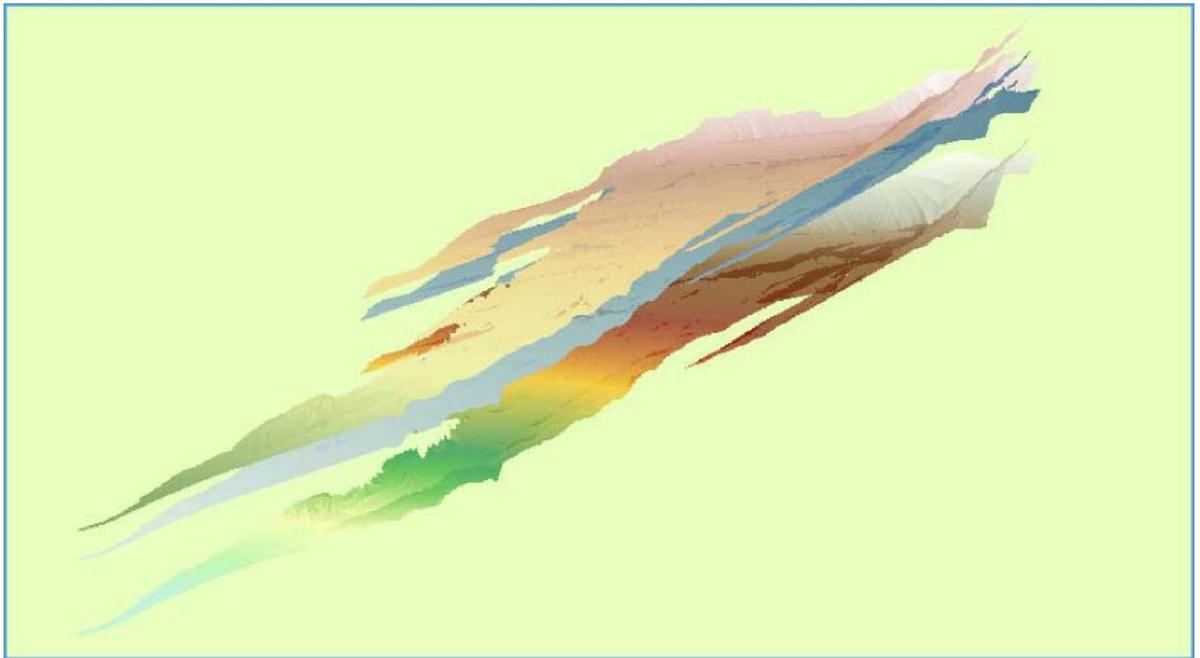


GOBIERNO
DE ESPAÑA

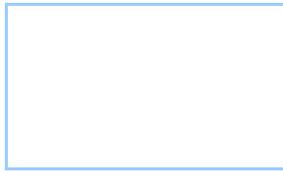
VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



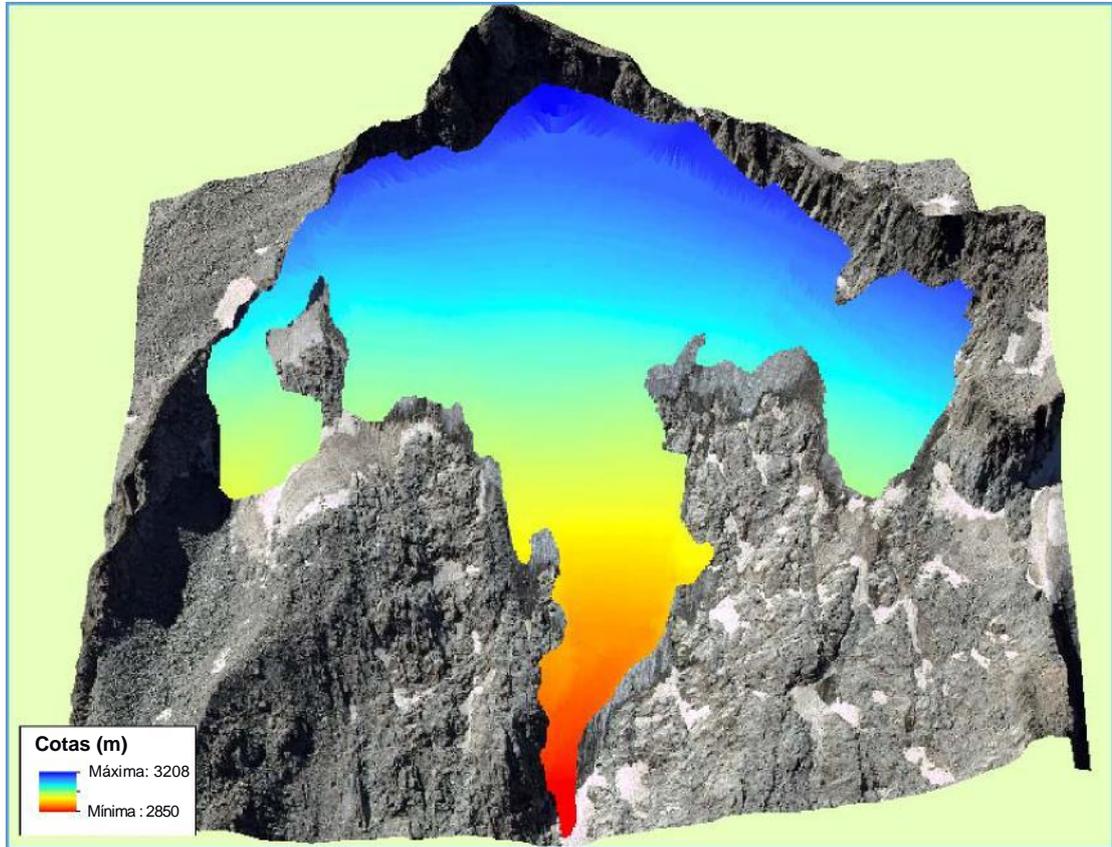
**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**



Vista lateral de los modelos digitales de la capa de Nieve (superior) del Hielo (medio) y del fondo glaciar (abajo)

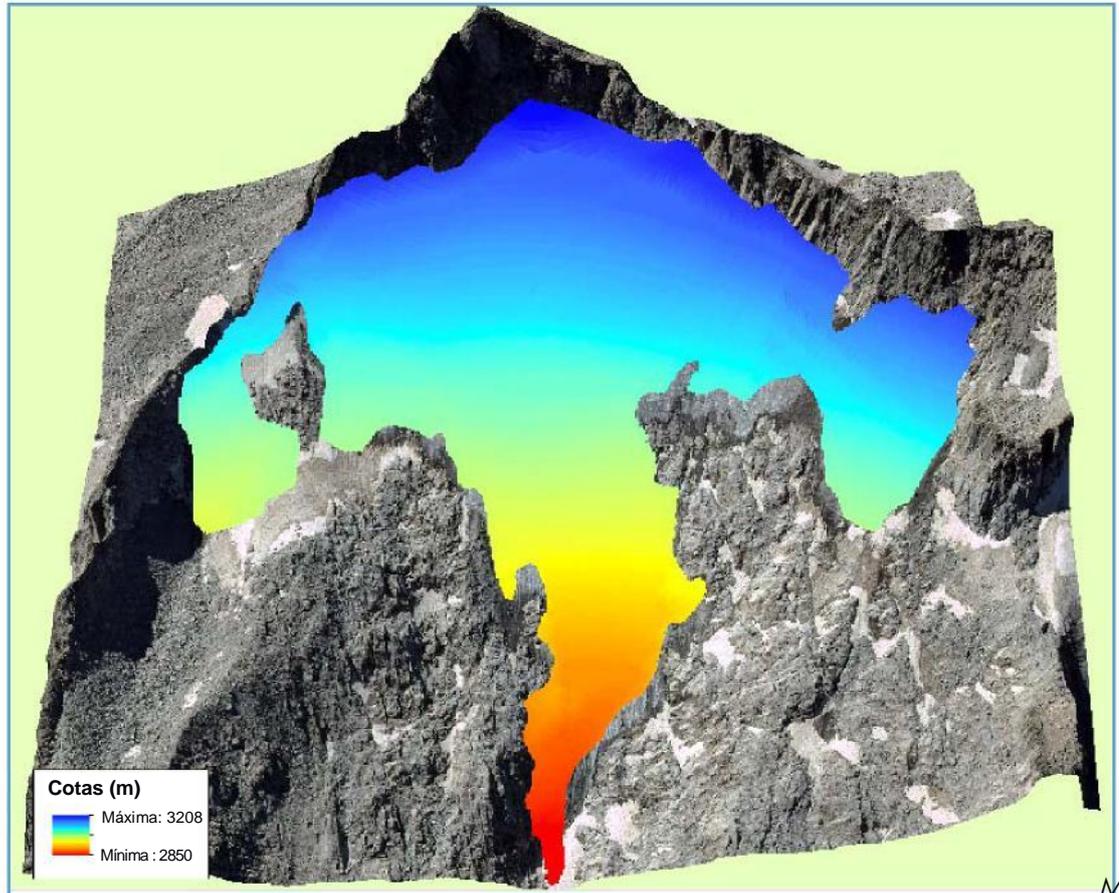


CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



Modelo digital de la distribución de la capa de nieve sobre el glaciar.

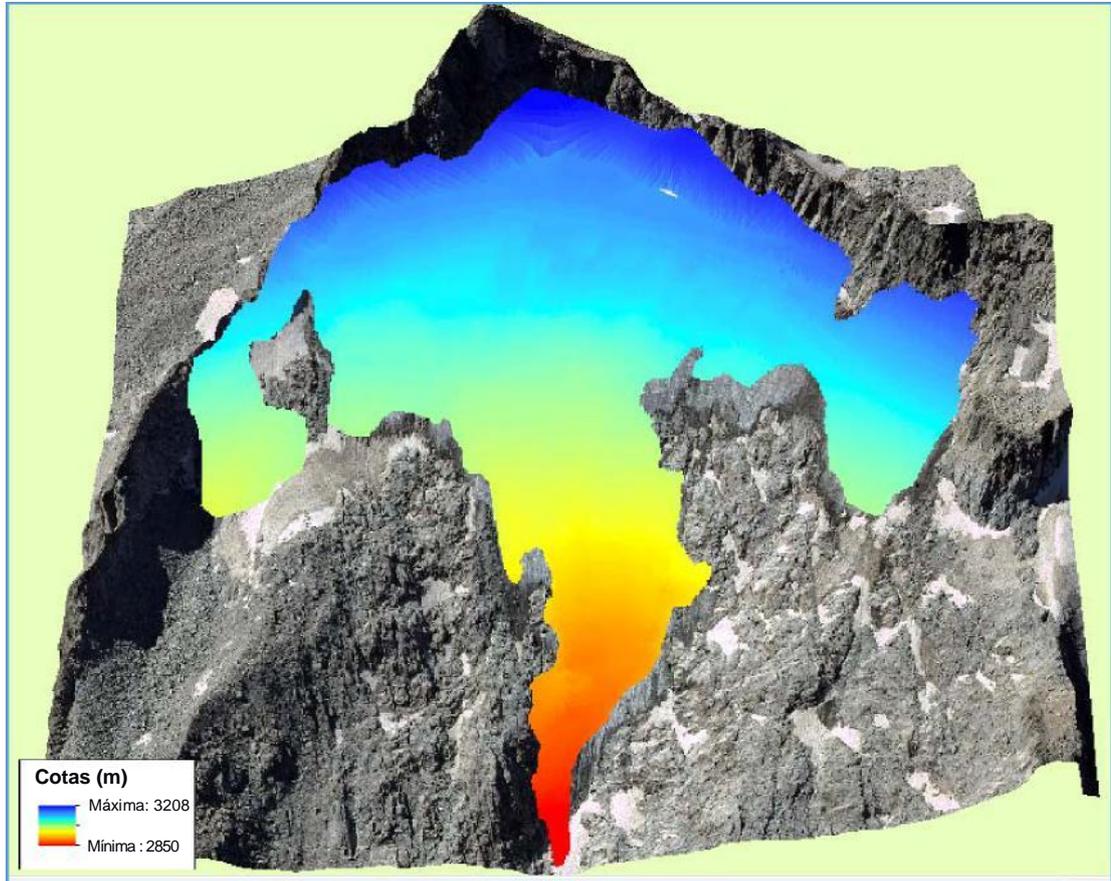
CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



odelo digital de la distribución de la capa de hielo glaciar.



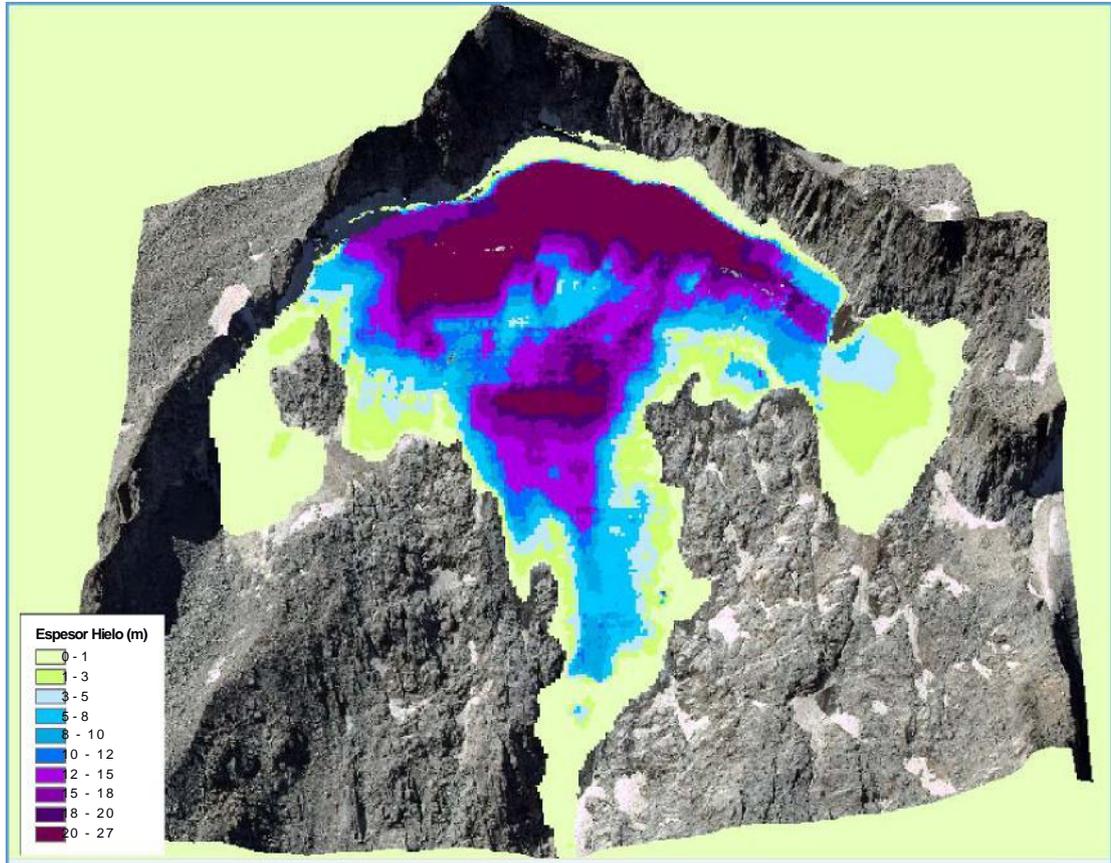
CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



Modelo digital de la distribución del lecho rocoso del glaciar.



CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



Modelo digital de Espesores del hielo glaciar.



GOBIERNO DE ESPAÑA

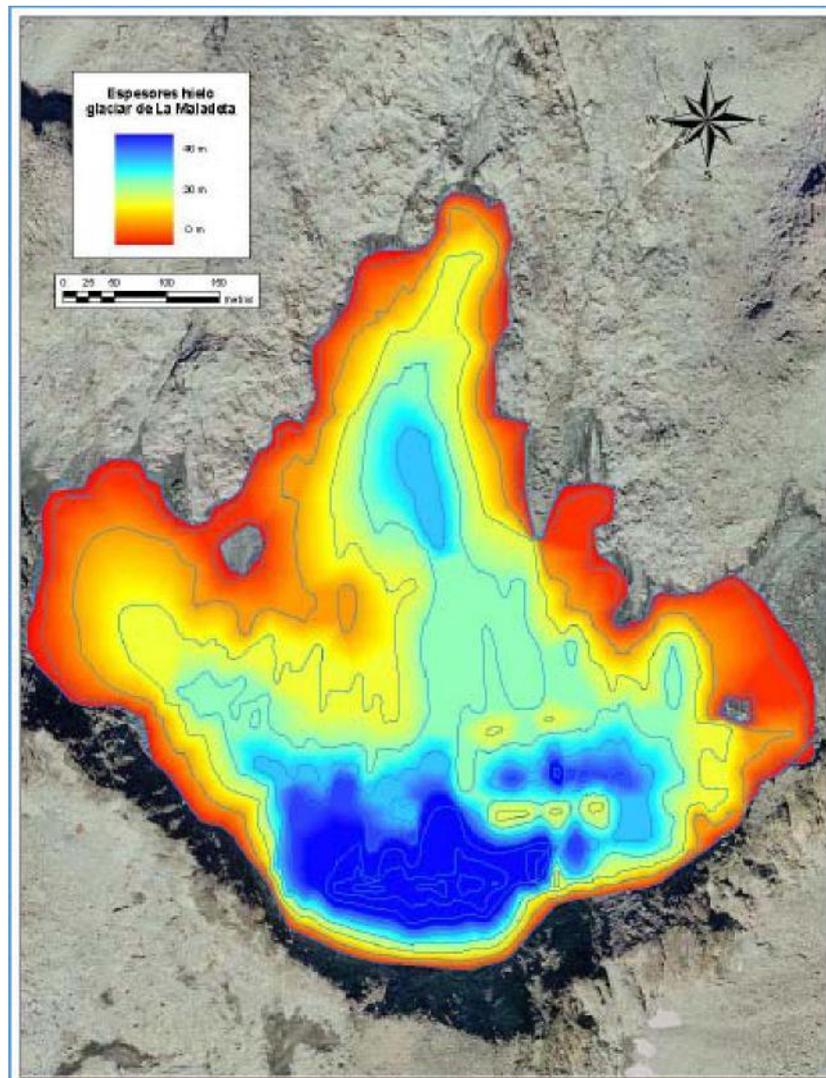
VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777

4.COMPARATIVA TRABAJOS PREVIOS.

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en la campaña de geofísica llevada a cabo en el año 2008, tal y como recoge la siguiente ilustración:





GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**

En ella se aprecia que el máximo espesor de hielo, localizado en la zona más alta y central del glaciar (la situada más al sur), alcanzaba los 40m mientras que en la actual campaña sólo se llegan a espesores de hasta 26m.

También se aprecia que en la zona suereste del mismo aparecía como una zona localizada de espesor significativo en la que éste se reducía drásticamente en una corta distancia, para luego volver a aumentar drásticamente a una cota inferior. En la campaña actual se ha puesto de manifiesto que esta isla parece no existir y el espesor de hielo se mantiene con un descenso mucho más uniforme y abarcando una mayor extensión.

Por otro lado, se aprecia también en los resultados actuales, que la disminución del espesor de hielo a lo largo del lóbulo oeste es también menos acusada que la registrada en la campaña del 2008, por lo que en general se puede decir que la distribución del mismo en la parte alta del glaciar es más uniforme que la obtenida en la interpretación de la campaña anterior.

De los datos numéricos comparativos que a continuación se detallan hay que resaltar la importante pérdida del volumen glaciar sufrida durante estos últimos años, en línea con el importante aumento en las temperaturas medias tanto a nivel mensual como anual.



GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



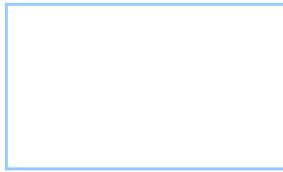
CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777

5. RESULTADOS

En la siguiente tabla se recogen los resultados más importantes obtenidos a partir del presente estudio y la comparativa con el estudio geofísico del año 2008:

Estudio	Rango cotas extensión glaciar (m)	Máximo espesor hielo (m)	Superficie 2D cuenco glaciar (ha)	Superficie 3D cuenco glaciar (ha)	Volumen cuenco glaciar (hm³)
Presente estudio 2017	3207,5 2850,4	26	22,9	25,2	2,07
Estudio 2008		40	28.97	30,31	3,36

A la vista de estos resultados se concluye que el máximo espesor de hielo se ha reducido en un 35%, la superficie 2D del cuenco glaciar se ha reducido en un 20%, coincidiendo con los resultados obtenidos en las campañas anuales del cálculo del balance de masas en el glaciar. Por su parte, el volumen glaciar se ha reducido en un 38%, en la línea de los resultados obtenidos en estas campañas en las que las últimas series de datos ponen de manifiesto la importante pérdida de los recursos hídricos que el glaciar almacena.



CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777

1. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.

CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



Vista panorámica Glaciar de La Maladeta.



Vista panorámica desde el Glaciar de La Maladeta. Movimiento aproximación helicóptero.

**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**



Grieta en el contacto entre el glaciar y el zócalo rocoso. Cota 3.000 m.



Personal integrante del equipo de campo.



CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



Personal integrante del equipo de campo y material de trabajo.



Ordenador para el registro de datos geofísicos

CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



Inicio de toda de datos en perfil geofísico.



Toma de datos en perfil geofísico.



CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



Toma de datos en perfil geofísico.



Toma de datos en perfil geofísico.

**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**



Toma de datos en perfil geofísico.



*Toma de datos de cota superficial mediante GPS en traza de perfil
geofísico.*



CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE GEORRADAR. REF. TEC0004777



Visionado de datos de perfil geofísico durante el trabajo de campo.



Toma de datos en perfil geofísico.

**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**



Cueva de fusión en glaciar



Cueva de fusión en glaciar

**CARTOGRAFIADO DEL GLACIAR DE LA MALADETA A PARTIR DE PROSPECCIÓN DE
GEORRADAR. REF. TEC0004777**



Cueva de fusión en glaciar



Panorámica del glaciar desde cota baja.