



INVENTARIO Y ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LOS GLACIARES DEL HIELO CONTINENTAL PATAGÓNICO SUR

**Ing. Mario BERTONE
Vcom. Ing. Jorge GARI
Vcom. Ing. Alicia SEDEÑO
Inv. Ind. José TORTOLINI
Inv.Ind. Luis SÁNCHEZ
Ing. Javier GIRONELLI
Becaria Yanina HALLAK
Becaria Ailín ORTONE LOIS**



OBJETIVO DEL TRABAJO

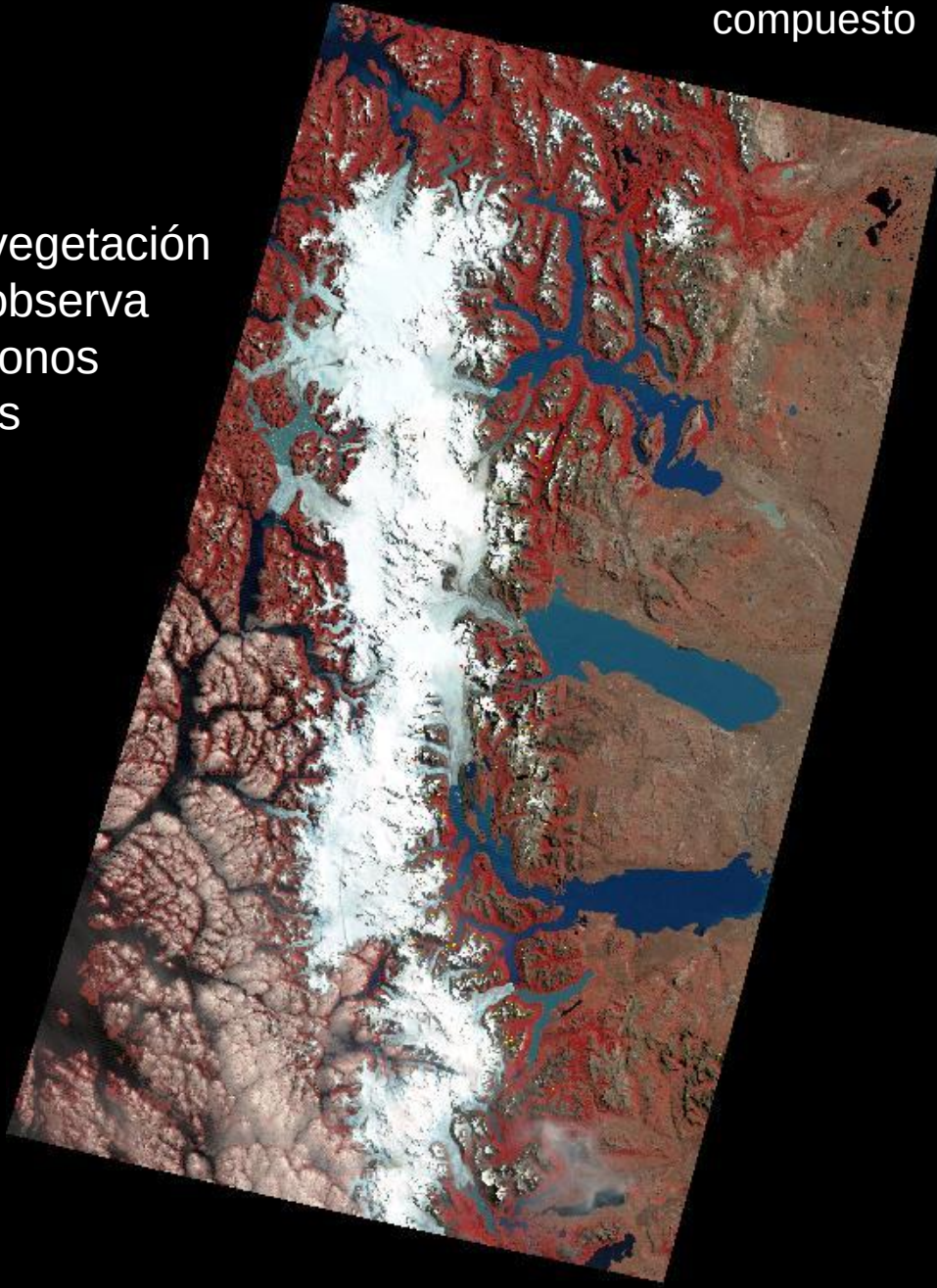
Realizar un estudio con imágenes satelitales del Hielo Continental Patagónico Sur en distintas fechas, identificando diversos glaciares y comparando el estado de los mismos.

TAREAS REALIZADAS

- Se procesaron 14 imágenes Landsat MSS, TM y ETM, con fechas variables entre 1981 y 2006.
- Se identificaron 300 glaciares con el código numérico correspondiente a la numeración del libro “Inventario de Glaciares”.
- Se superpuso un modelo de elevación de terreno con un espaciado de 100 m sobre el terreno.
- Se evaluaron los cambios multitemporales sufridos por los glaciares.

MOSAICO GLACIARES
Falso color
compuesto

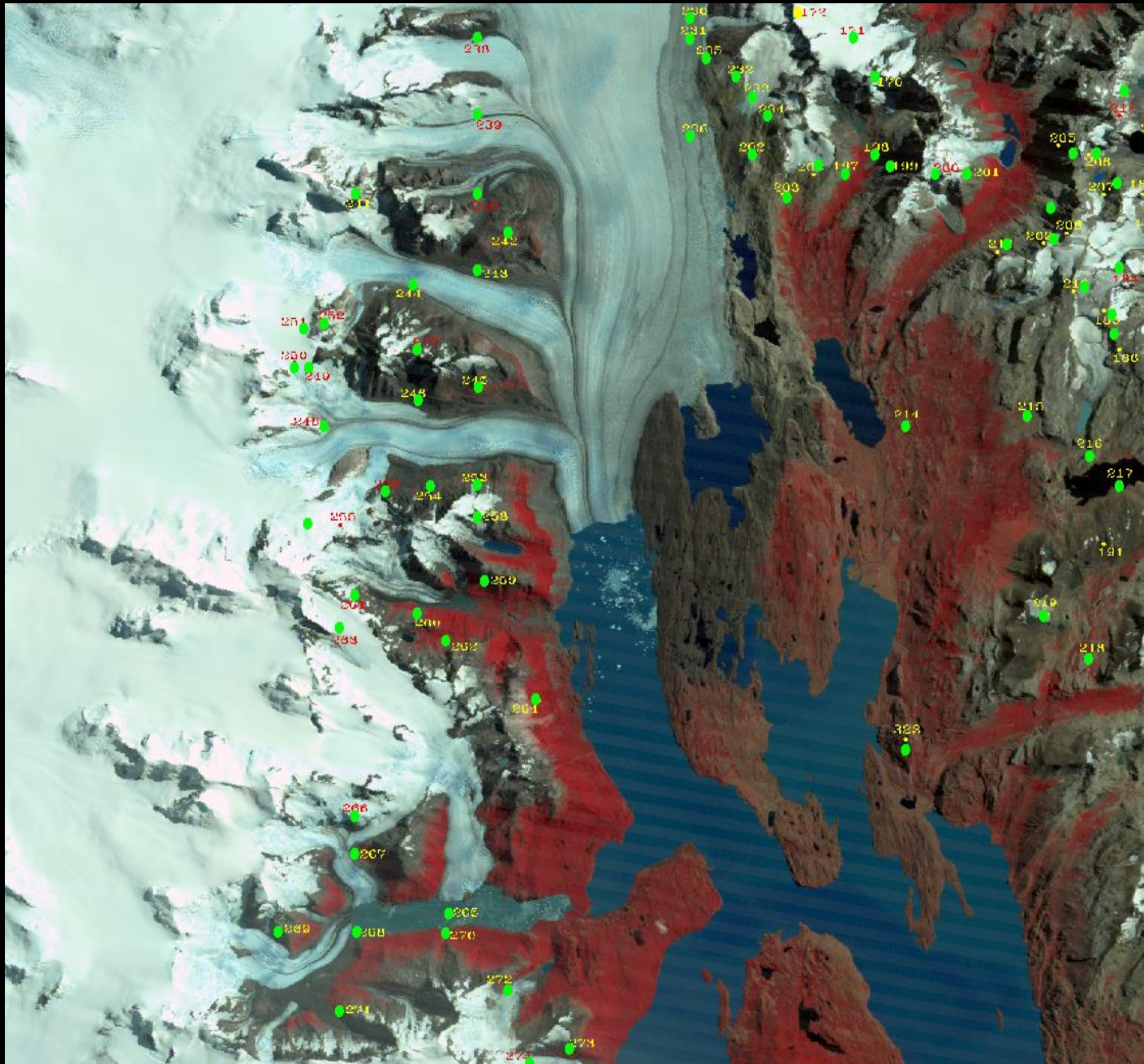
La vegetación
se observa
en tonos
rojos

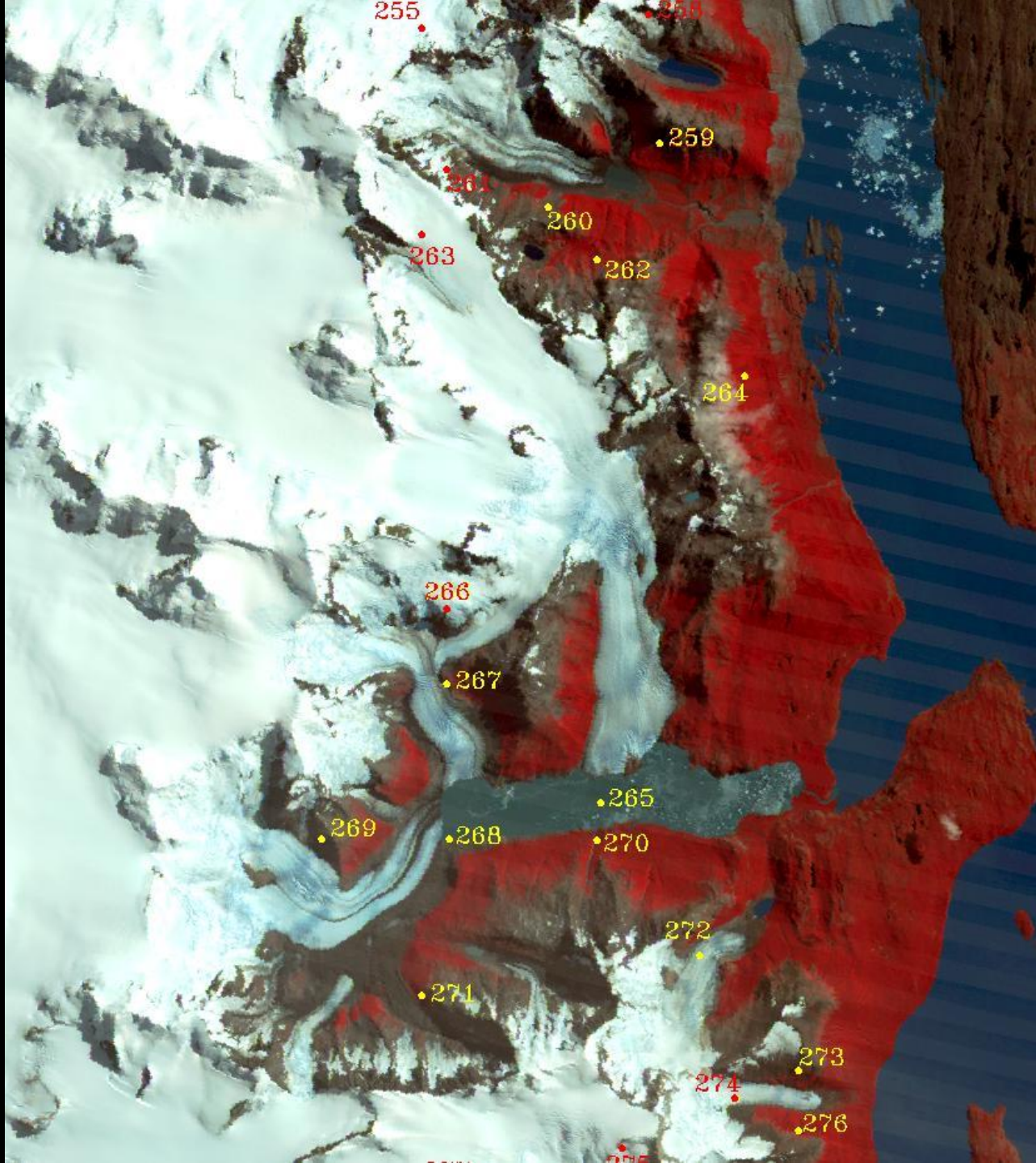


MODELO DE ELEVACIÓN
DE TERRENO

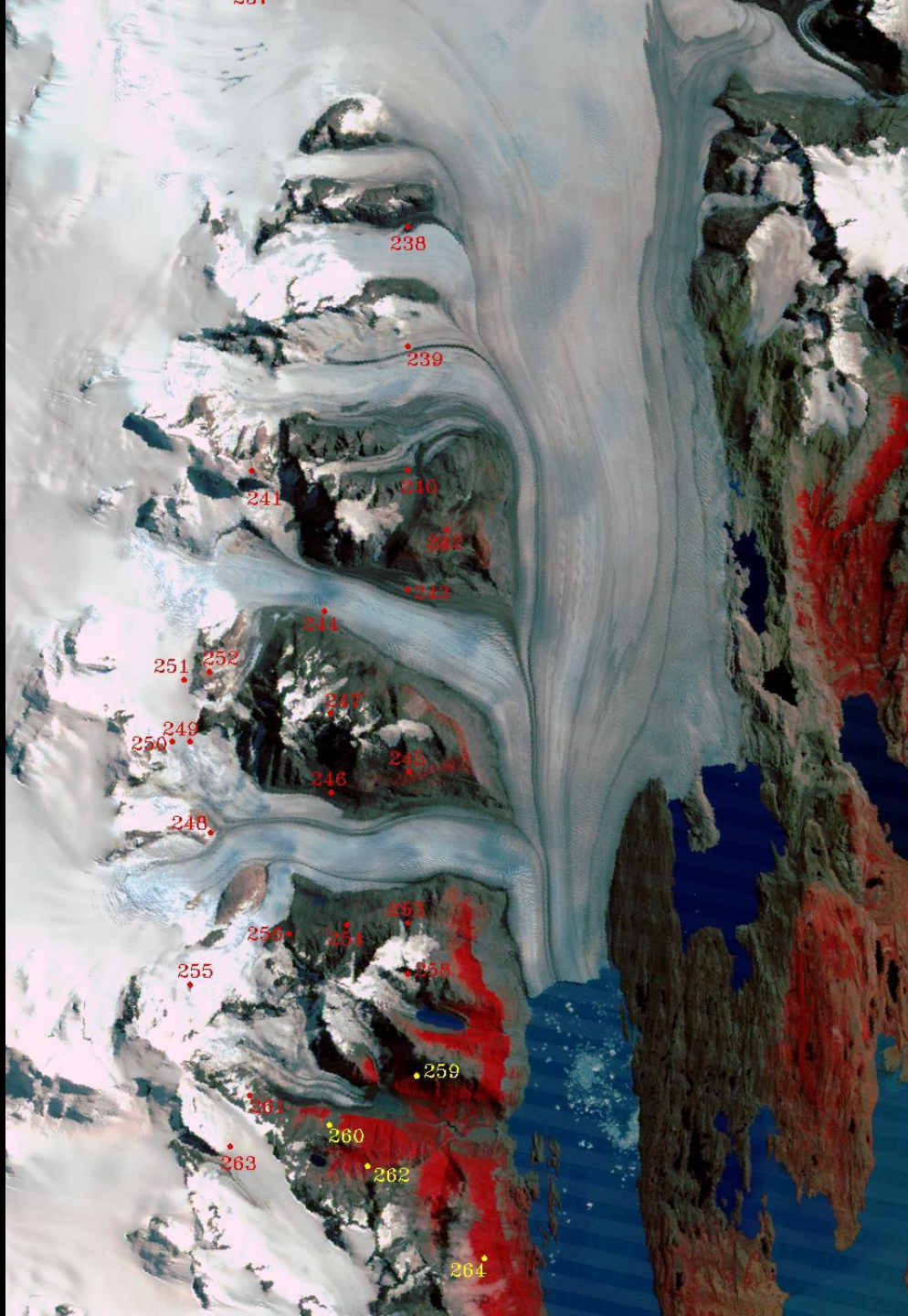


Inventario de Glaciares Zona Upsala





Relevamiento
de
Glaciares
en la zona
del Gl. Onelli

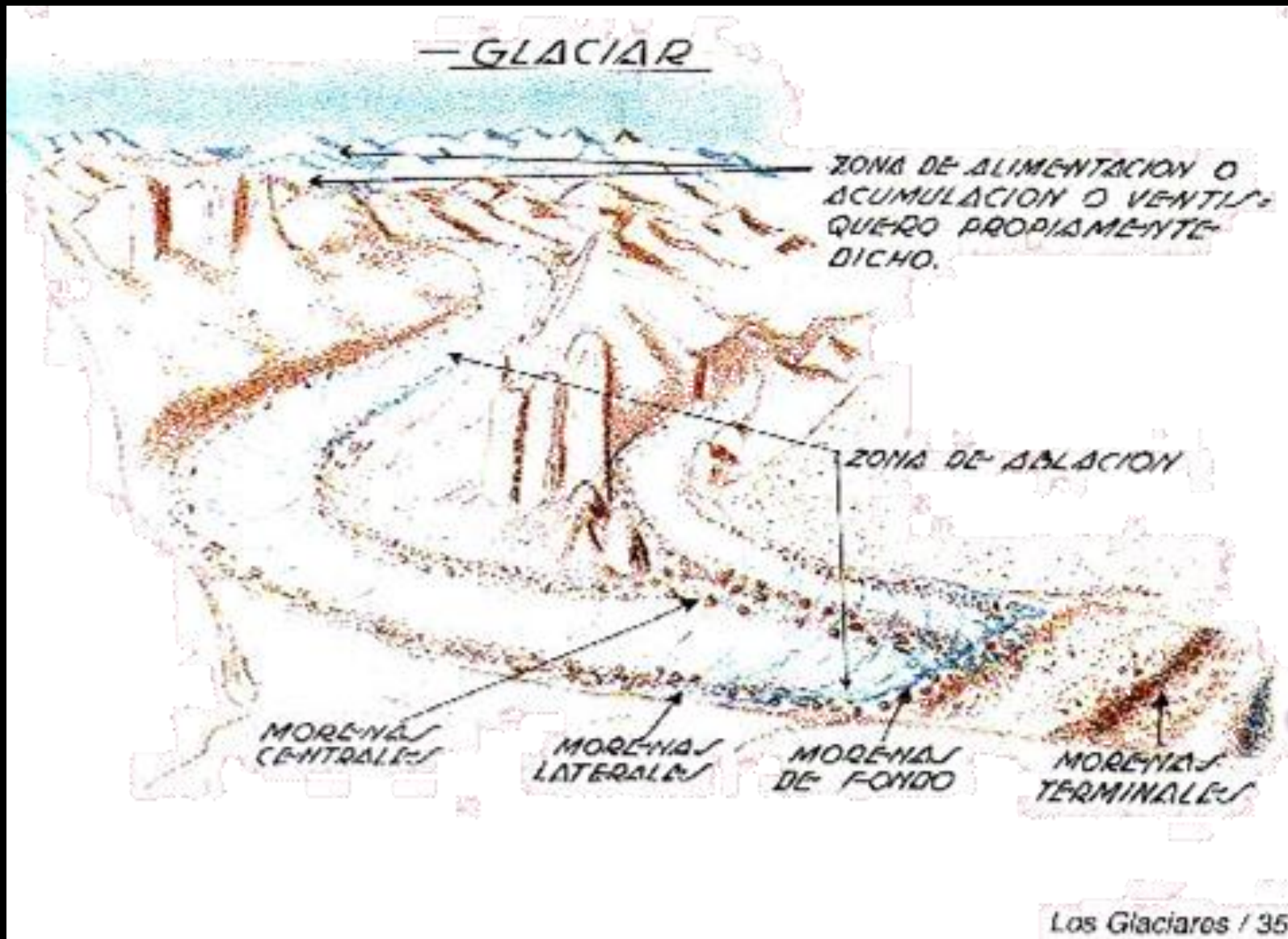


Relevamiento
de
Glaciares
en la zona
del Gl. Upsala

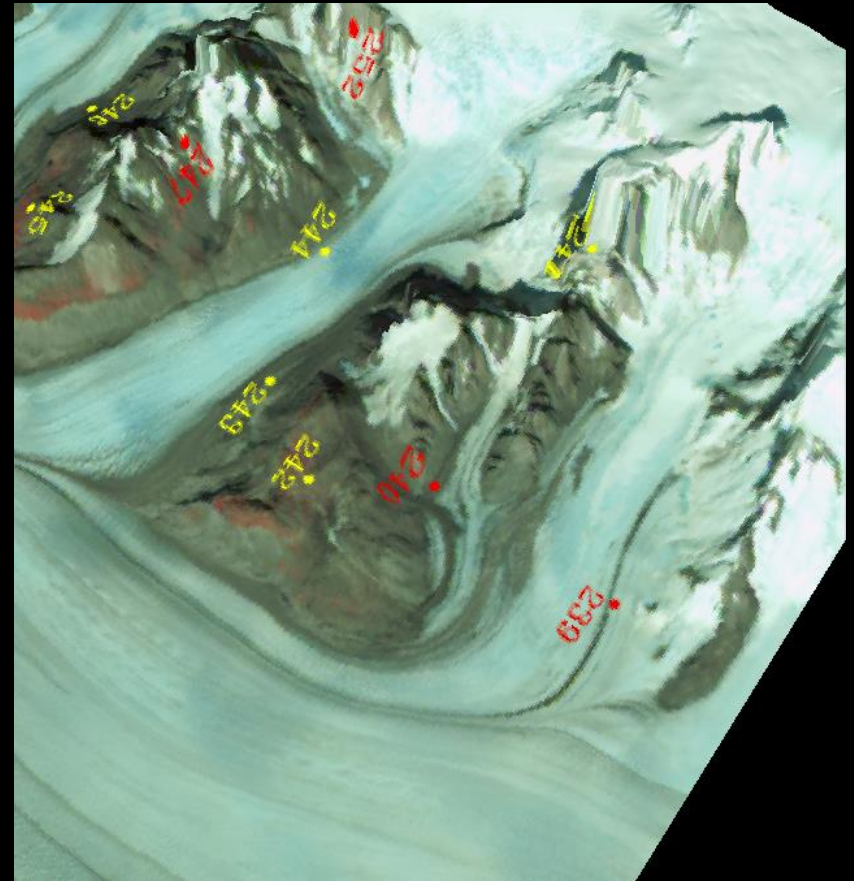
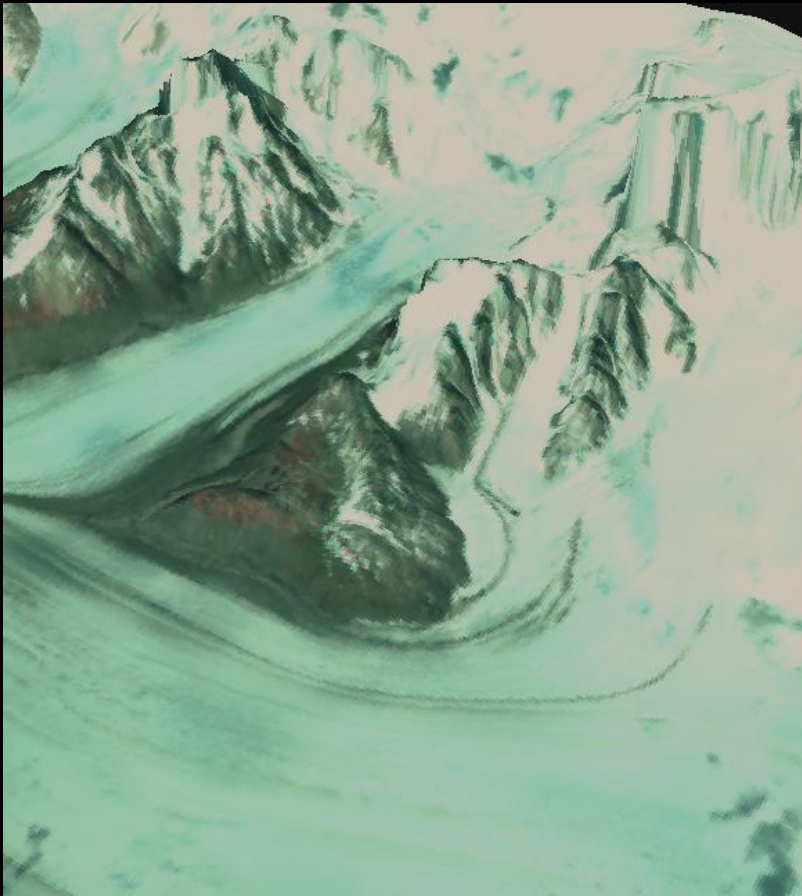
ESQUEMA DE UN GLACIAR

Fuente: "Aspectos Glaciológicos del Hielo Continental Patagónico

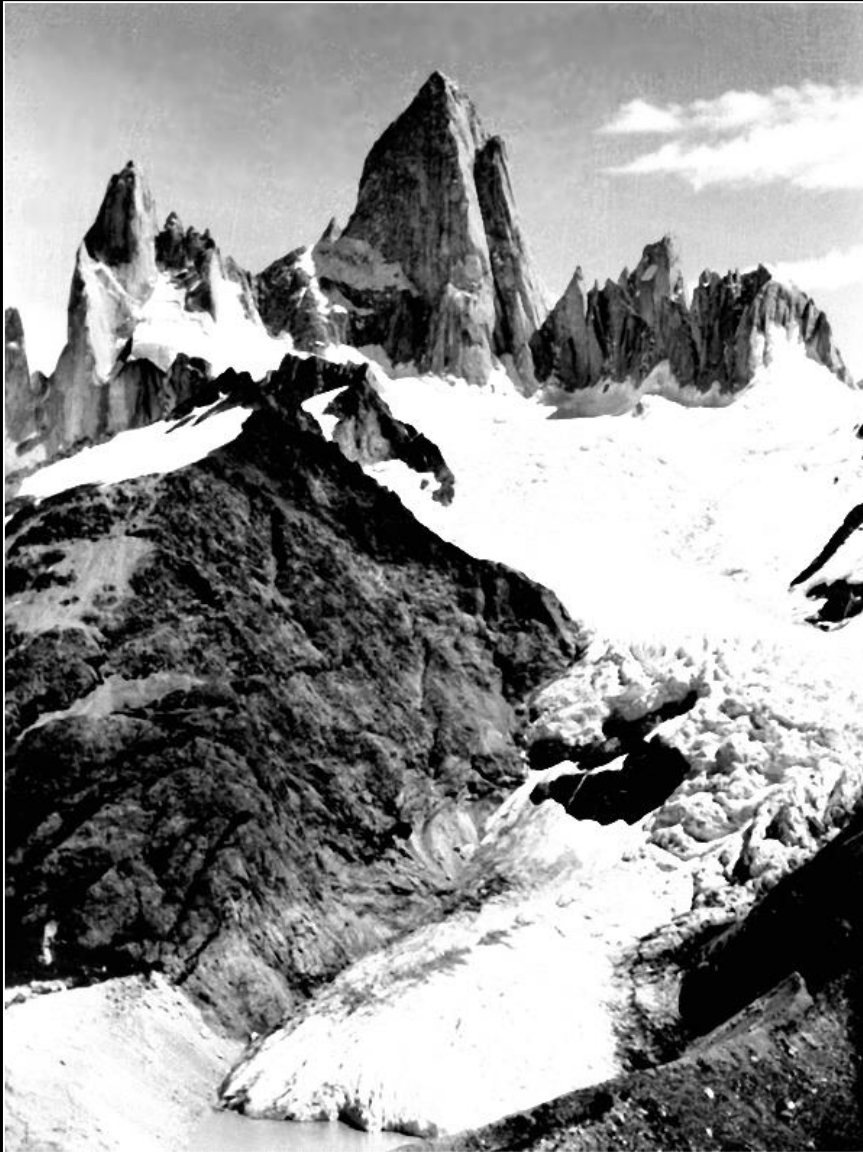
Ing. Mario Bertone



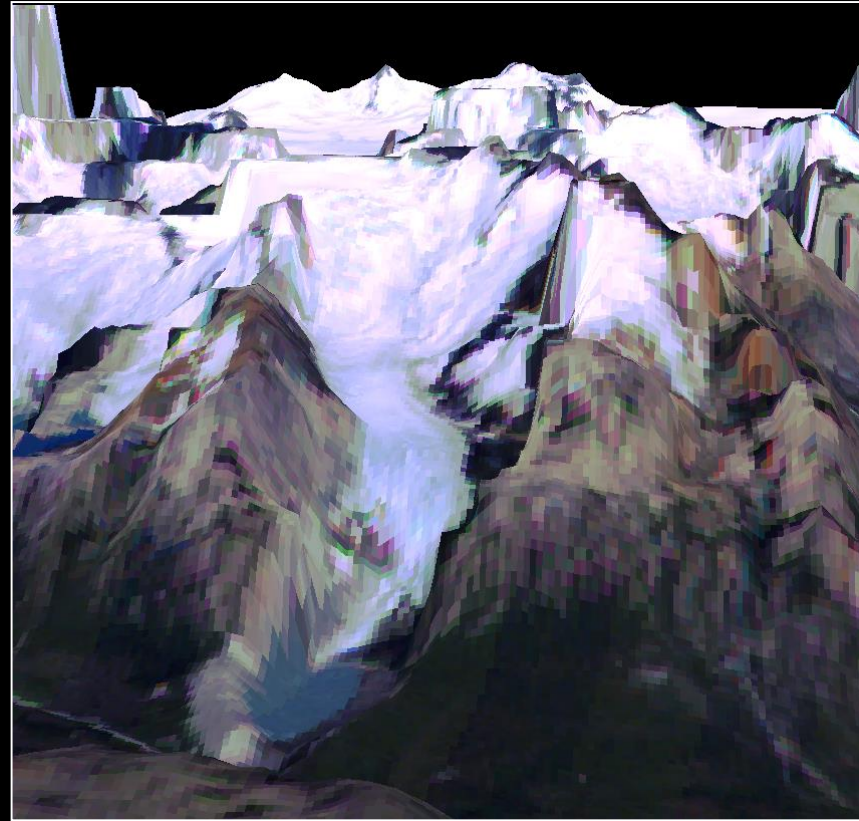
Imágenes 1981 – 2005 con modelo de elevación de terreno.
Se observan diferencias en casi todos los glaciares del área
de los Gl. Cono, Murallón y Don Bosco.

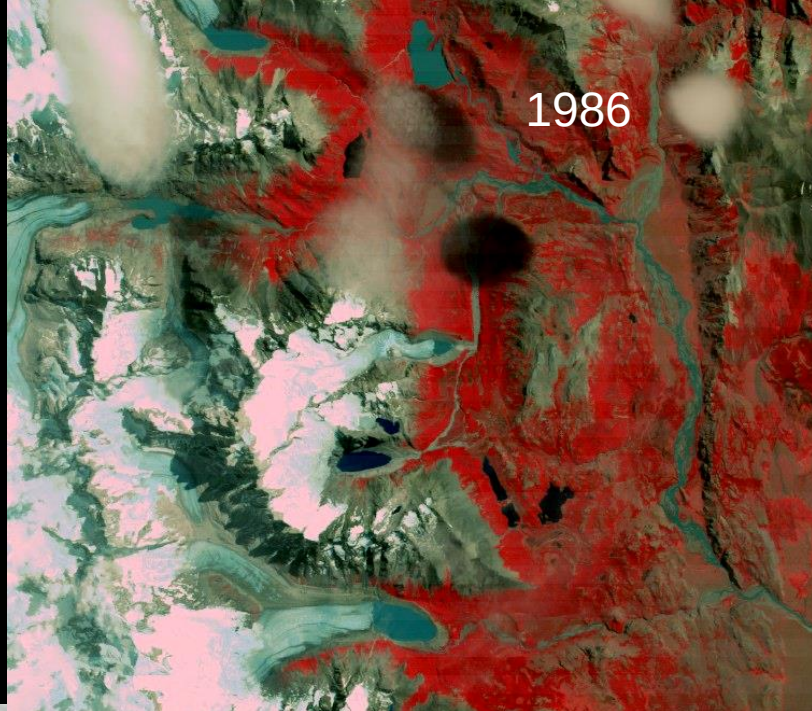


Cerro Fitz Roy (Chaltén)
(Fotografía registrada, M.B.)



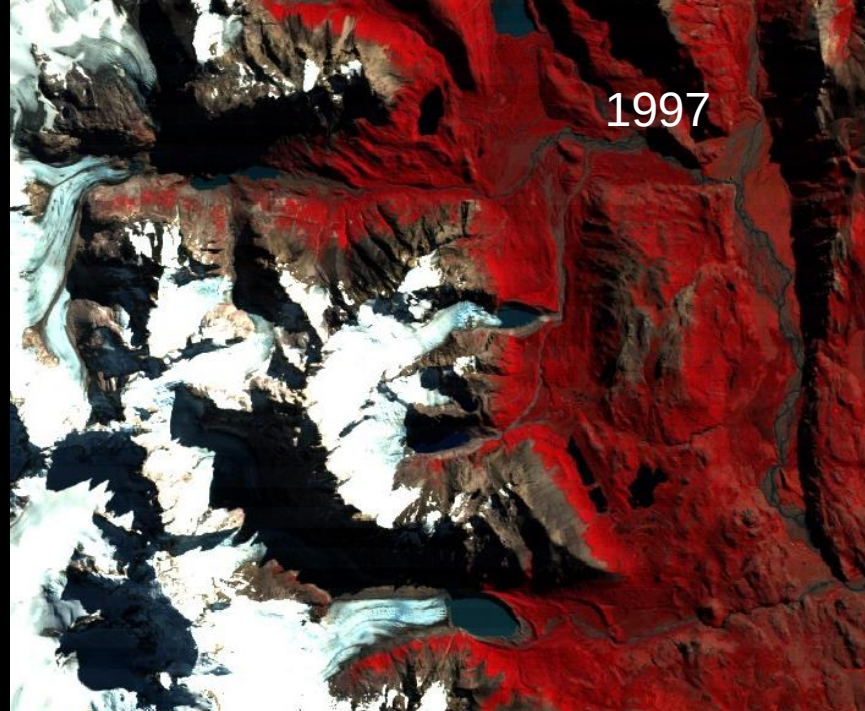
Vista satelital 3D
2005



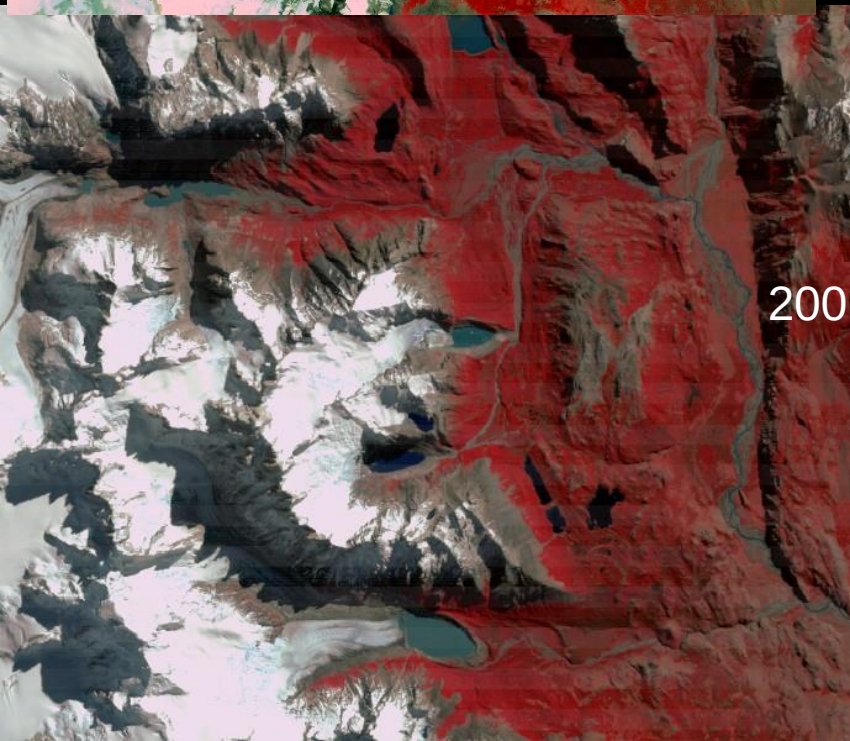


1986

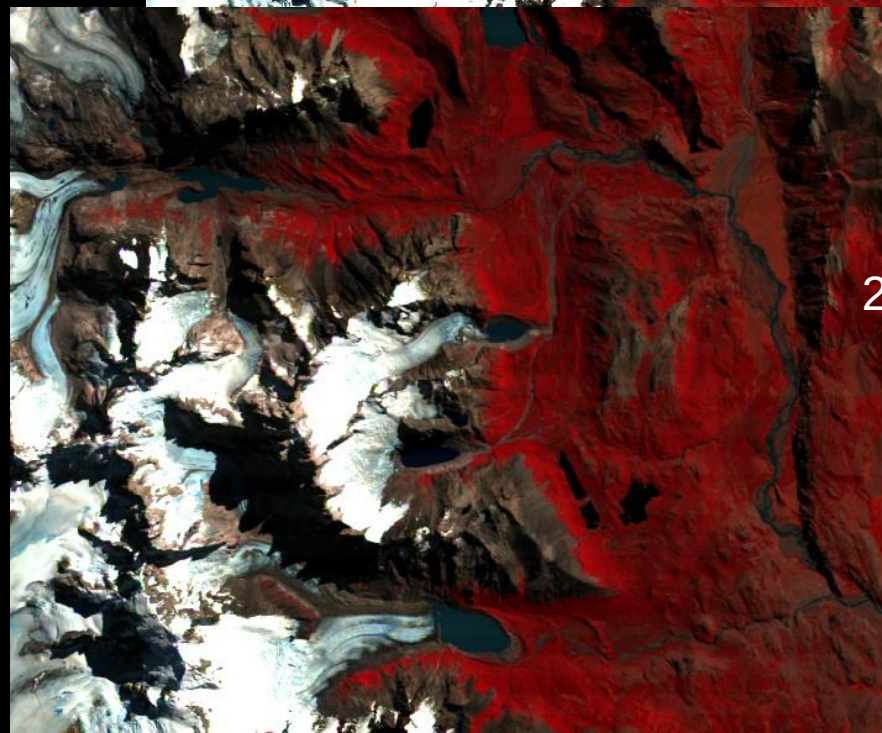
Gl.
PIEDRAS
BLANCAS
(FITZ ROY)



1997



2001



2005

DETALLE
GI. PIEDRAS
BLANCAS
(FITZ ROY)



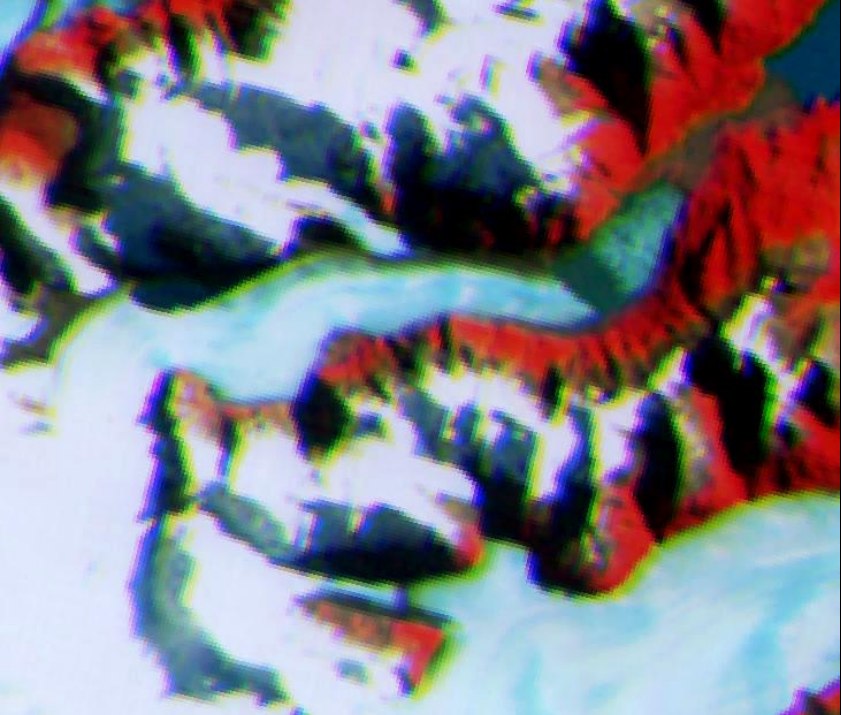
1986



1997

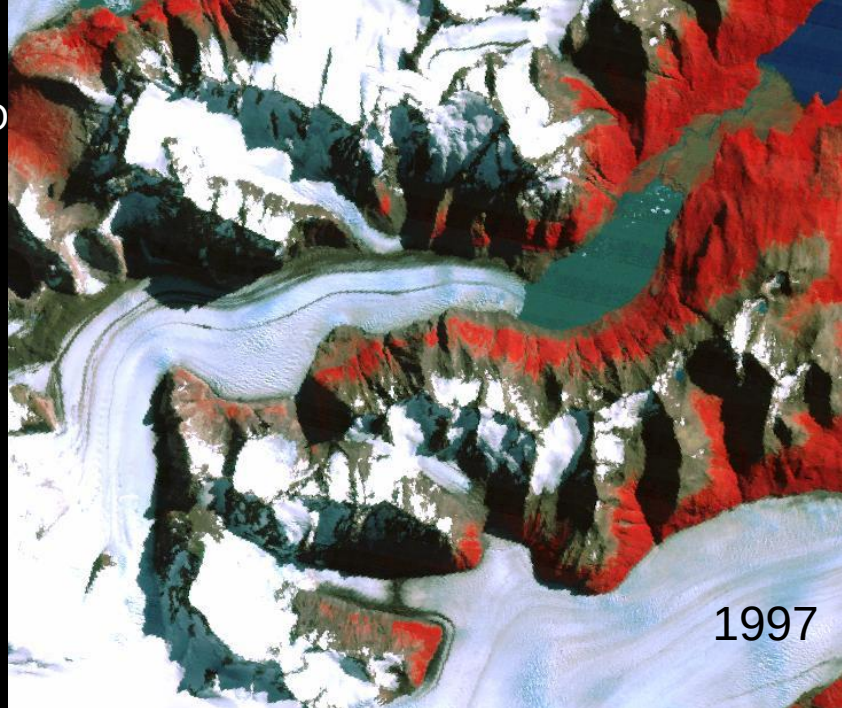


2005

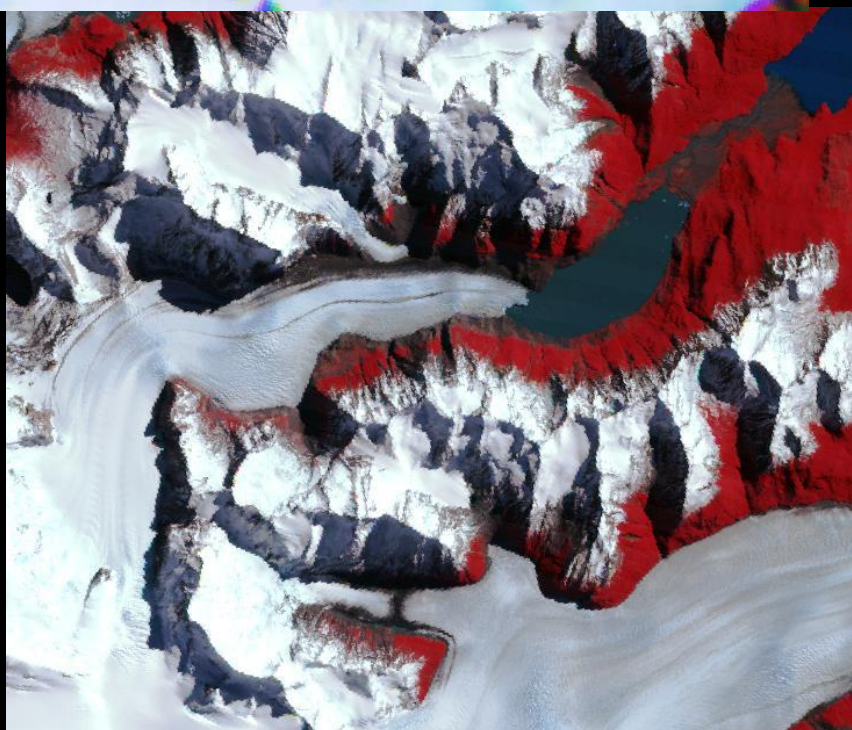


Gl.
AMEGHINO

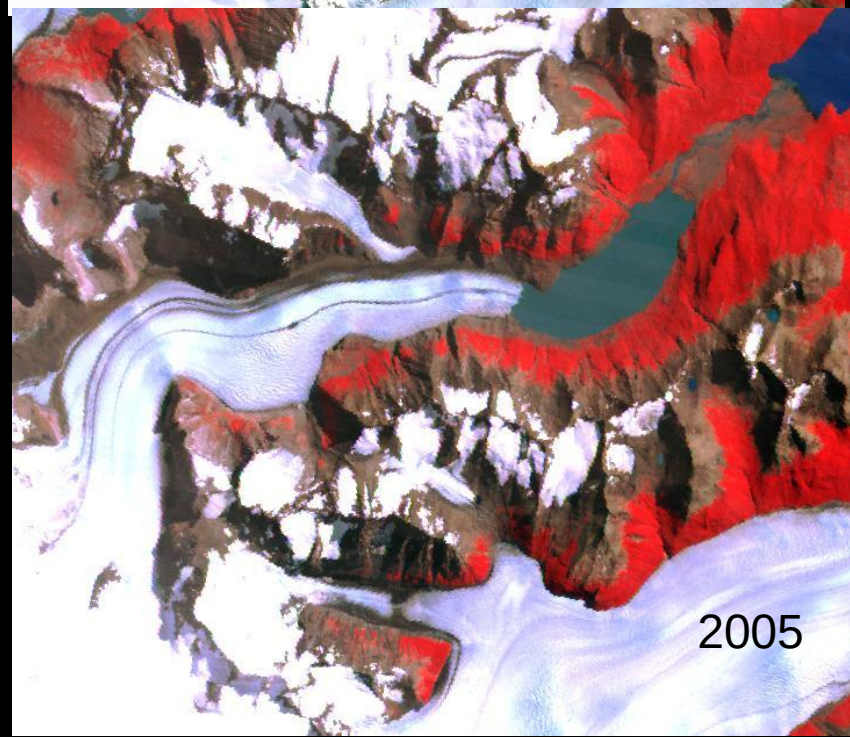
1981



1997

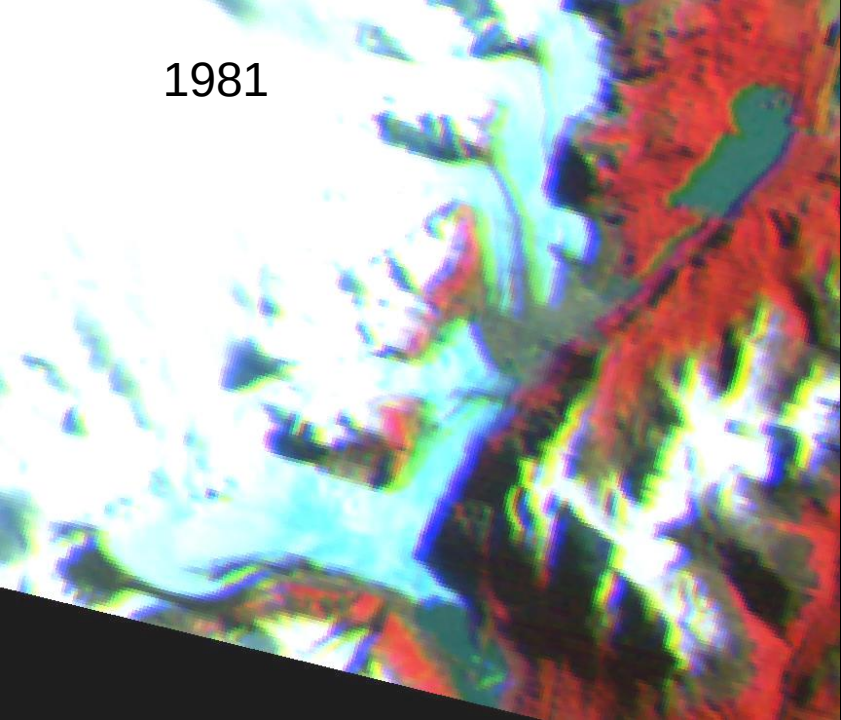


2001



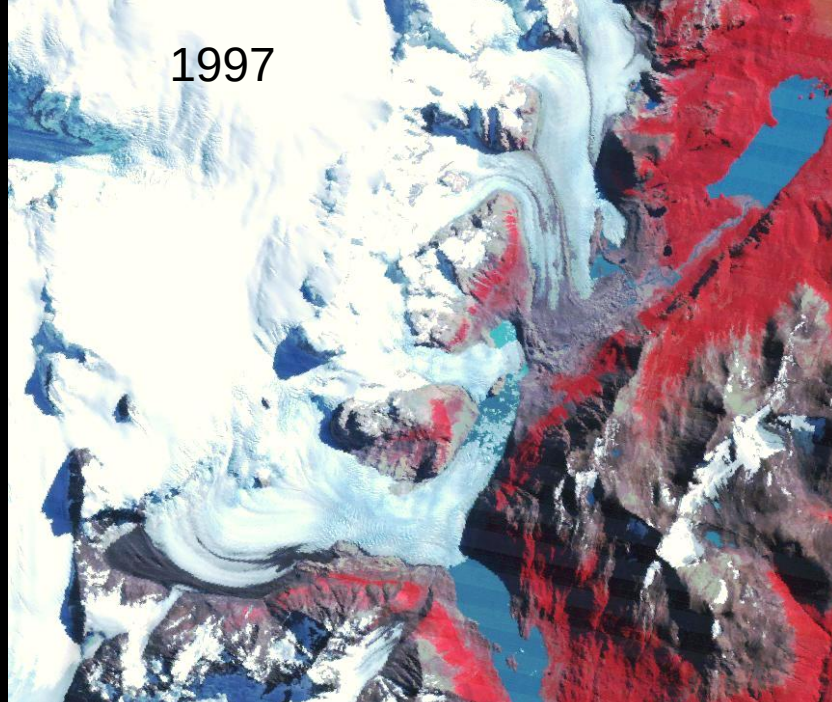
2005

1981

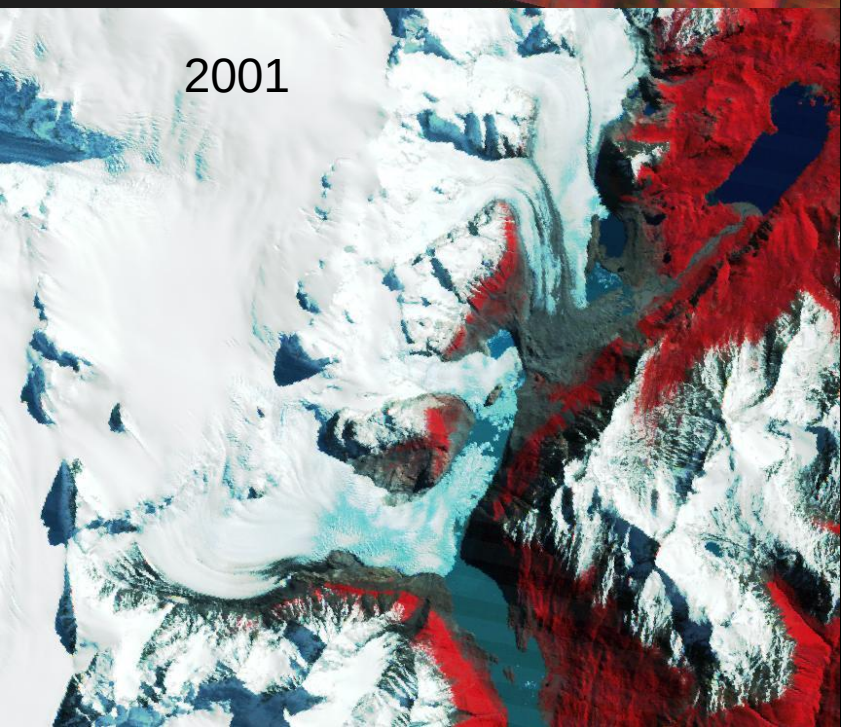


GL.
FRÍAS
-
DICKSON

1997

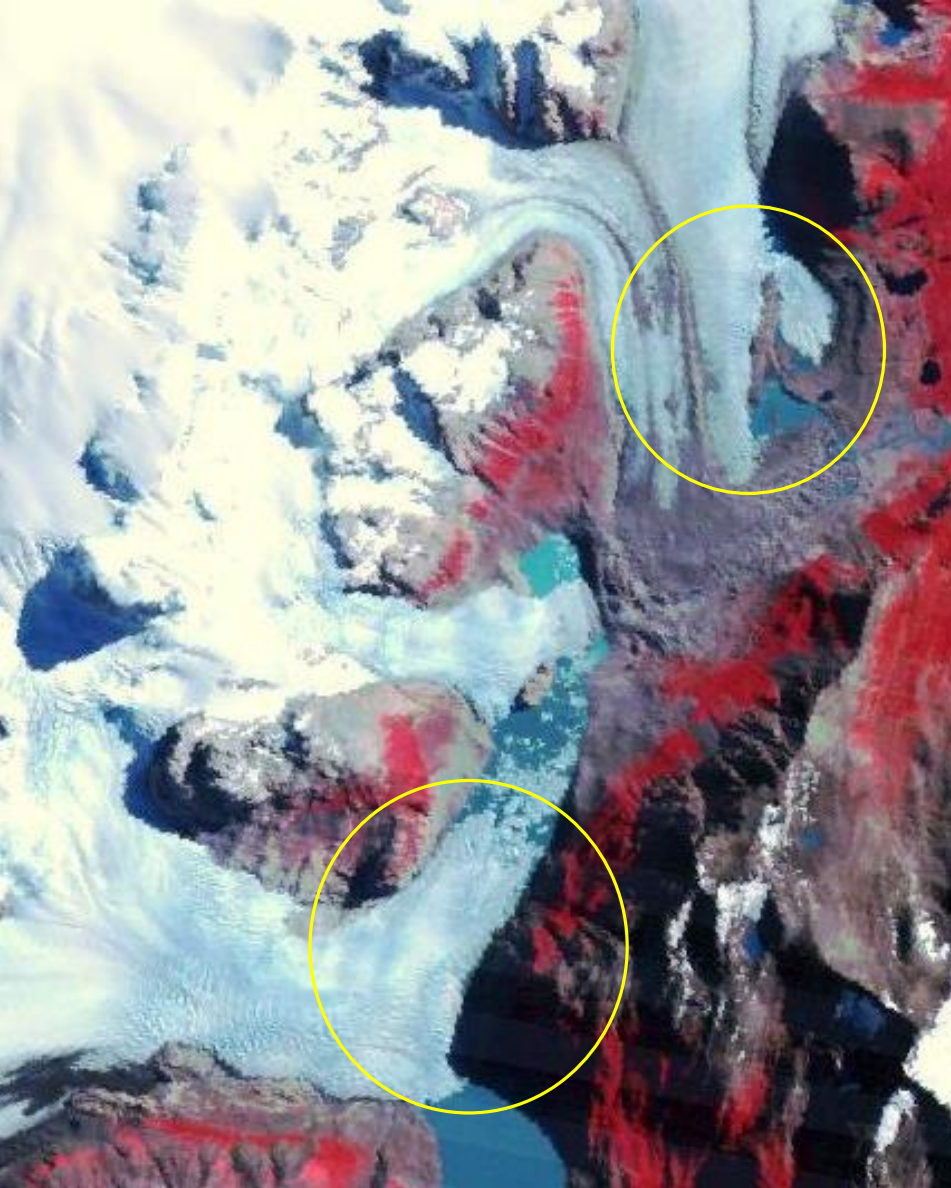


2001



2005





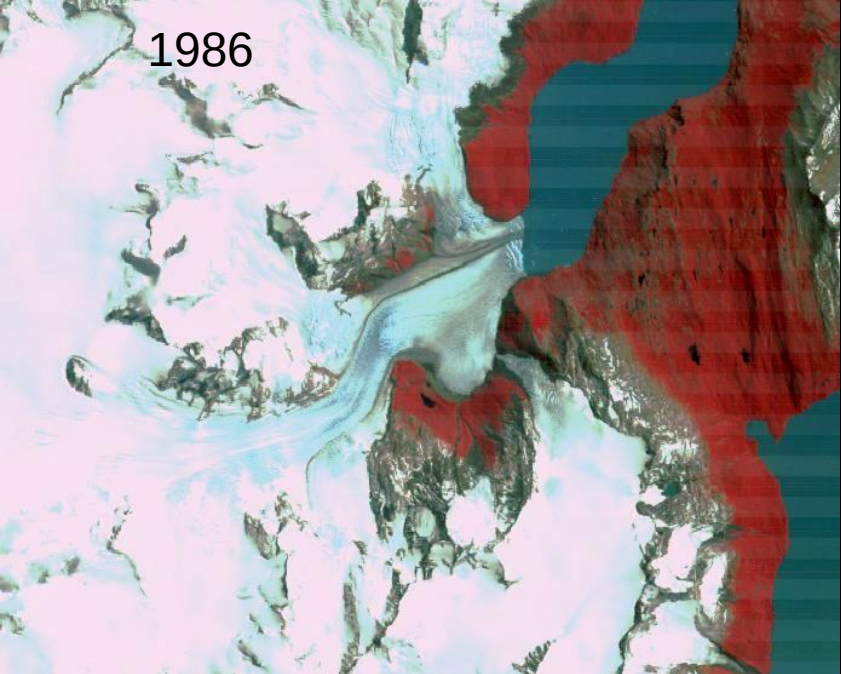
1997

Detalle Glaciares
FRÍAS y GRANDE



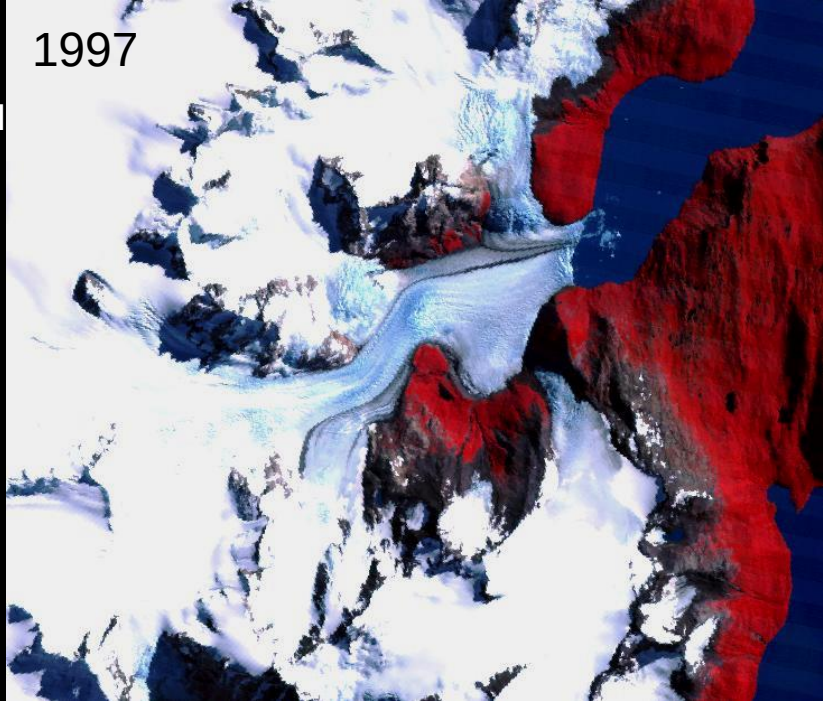
2005

1986

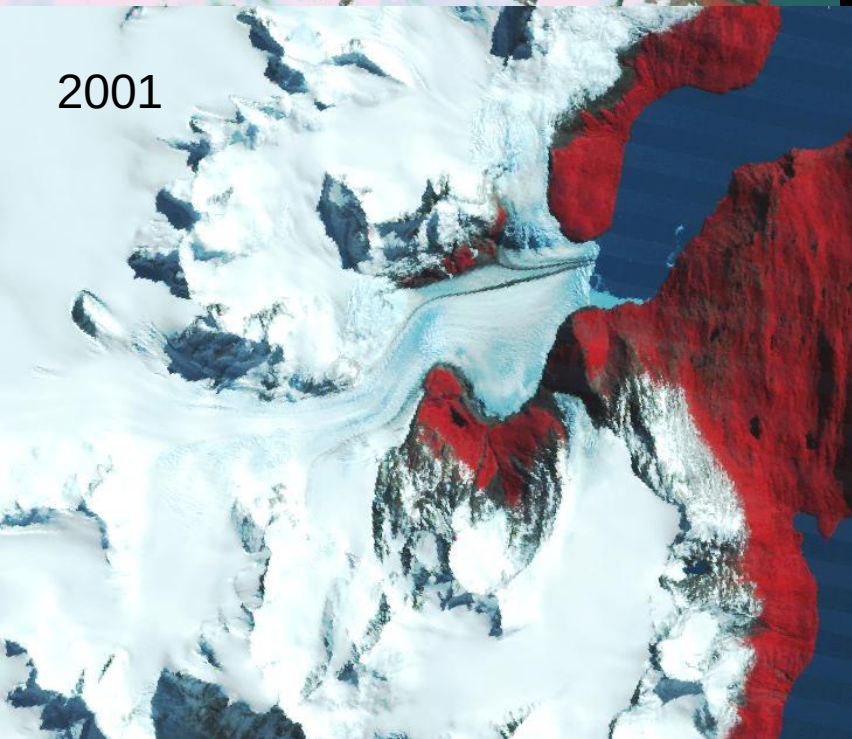


GI.
SPEGAZZINI

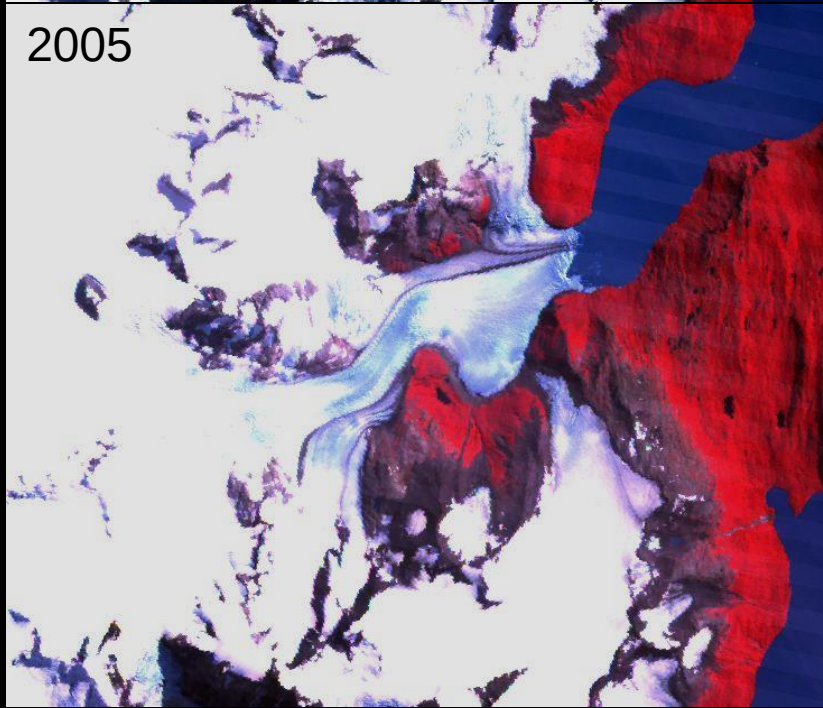
1997



2001

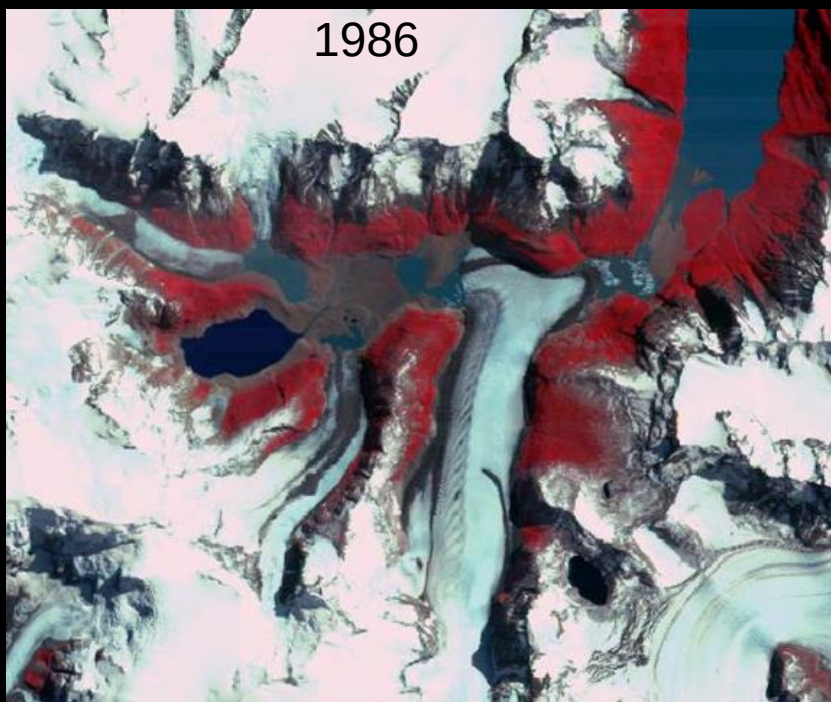


2005

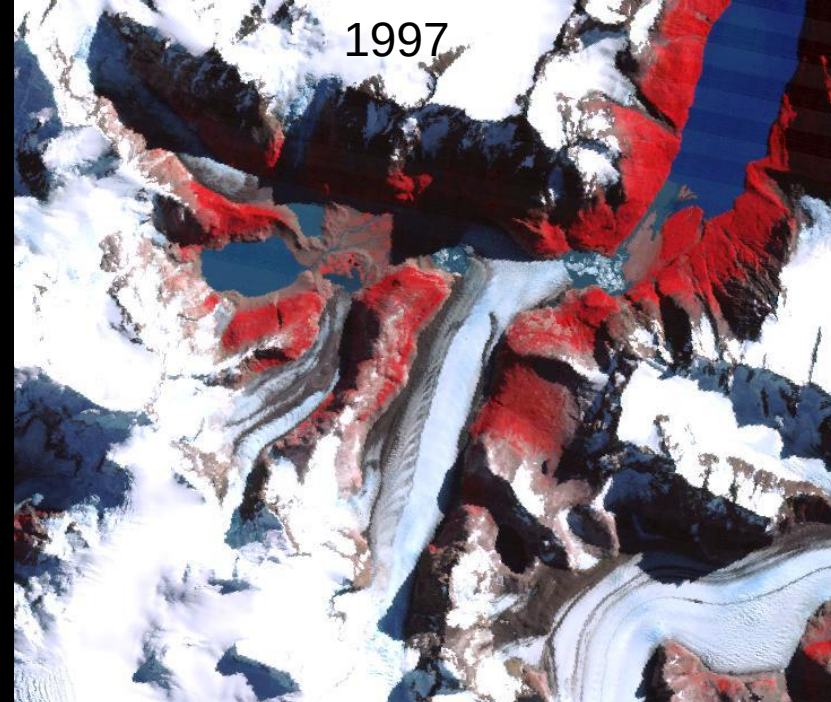


1986

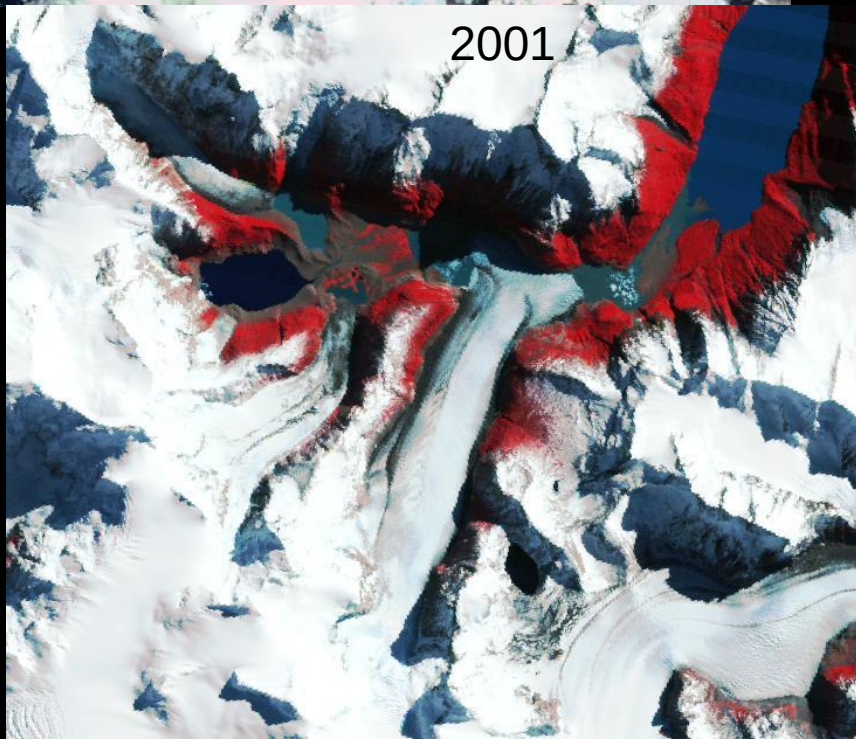
GI.
MAYO



1997



2001



2005





1986

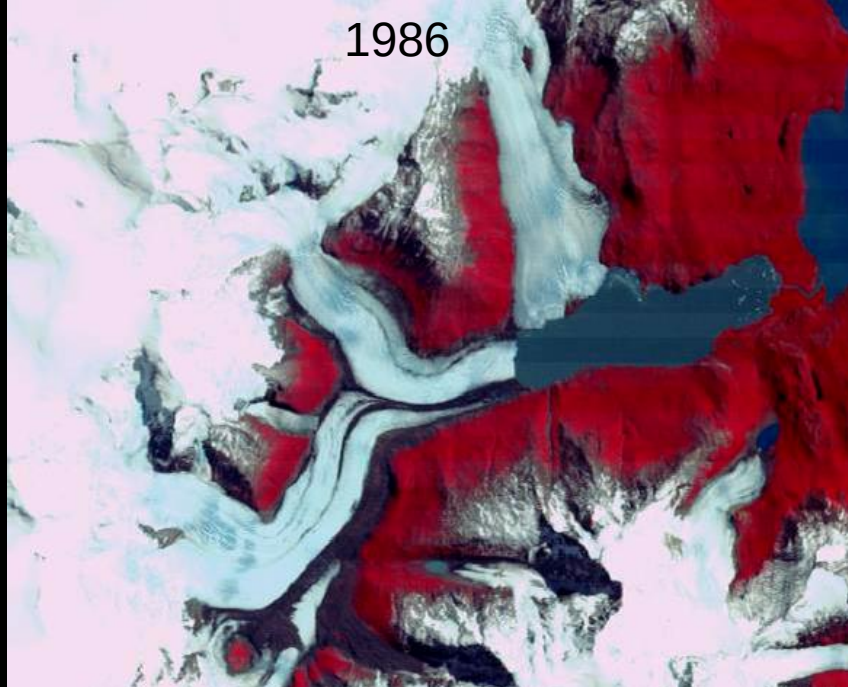


1997



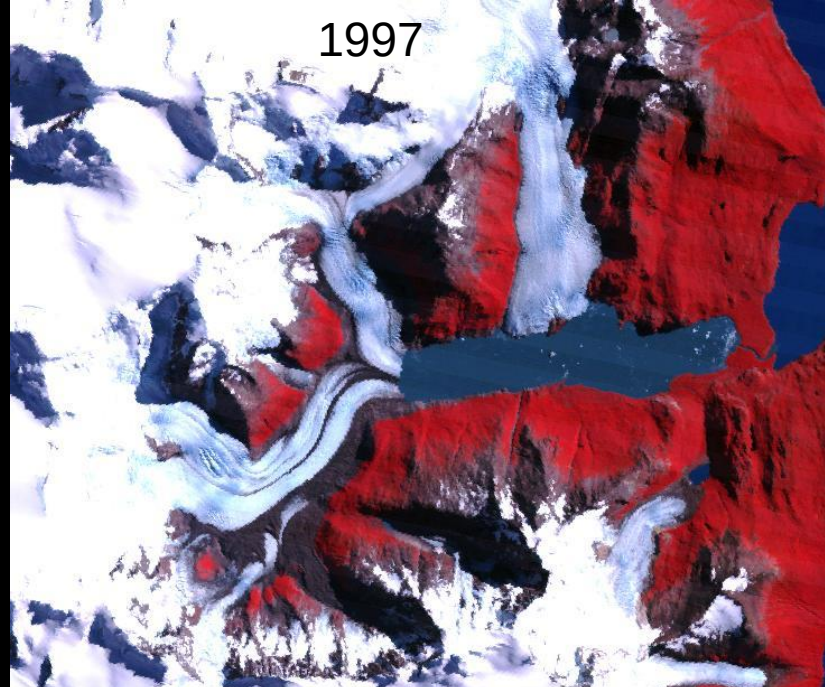
2005

1986

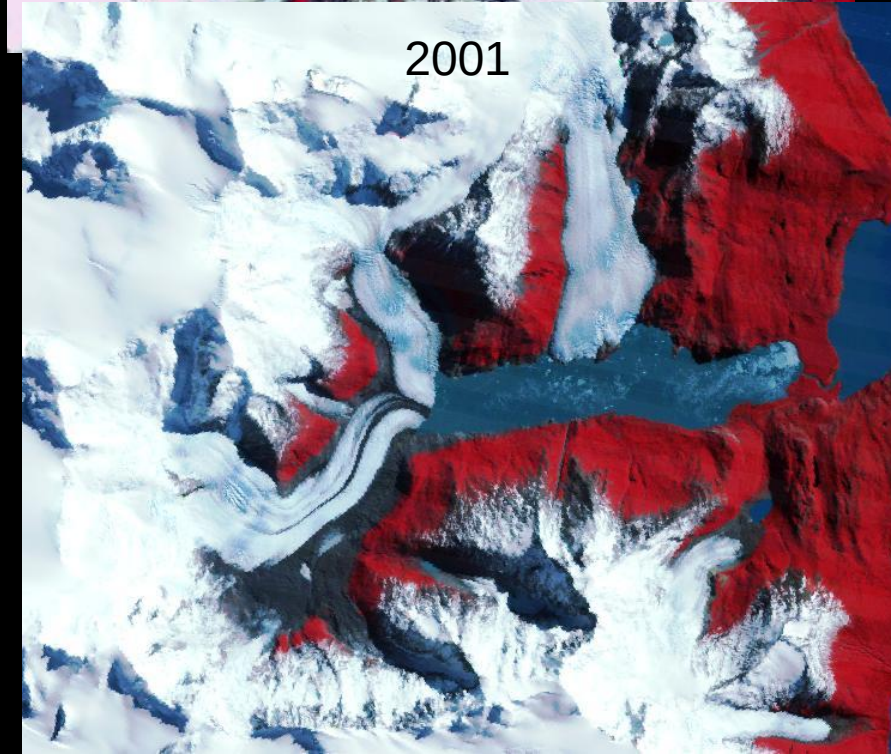


GI.
ONELLI

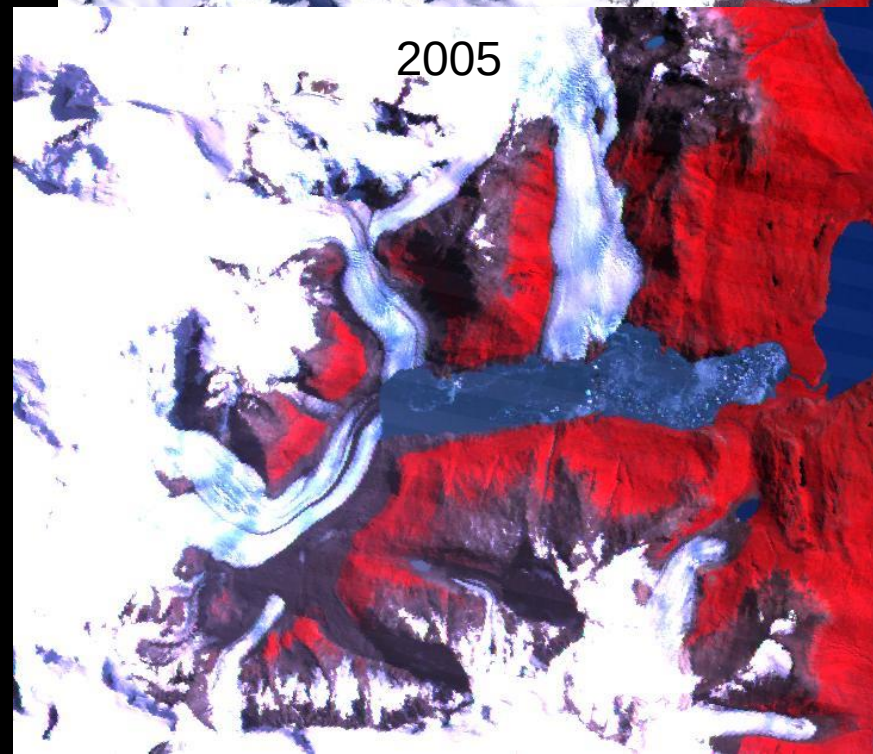
1997



2001



2005





1986

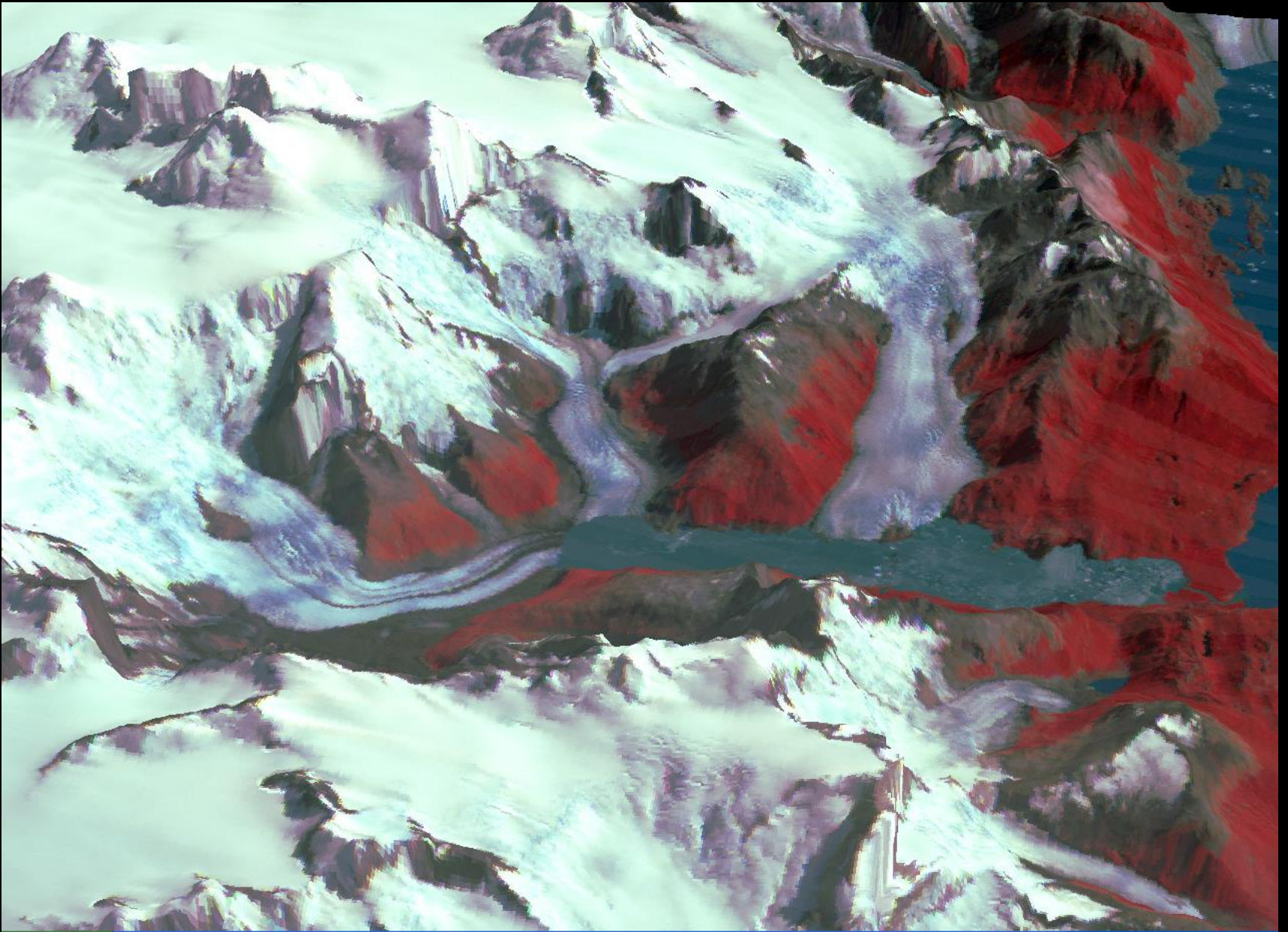


2001



2005

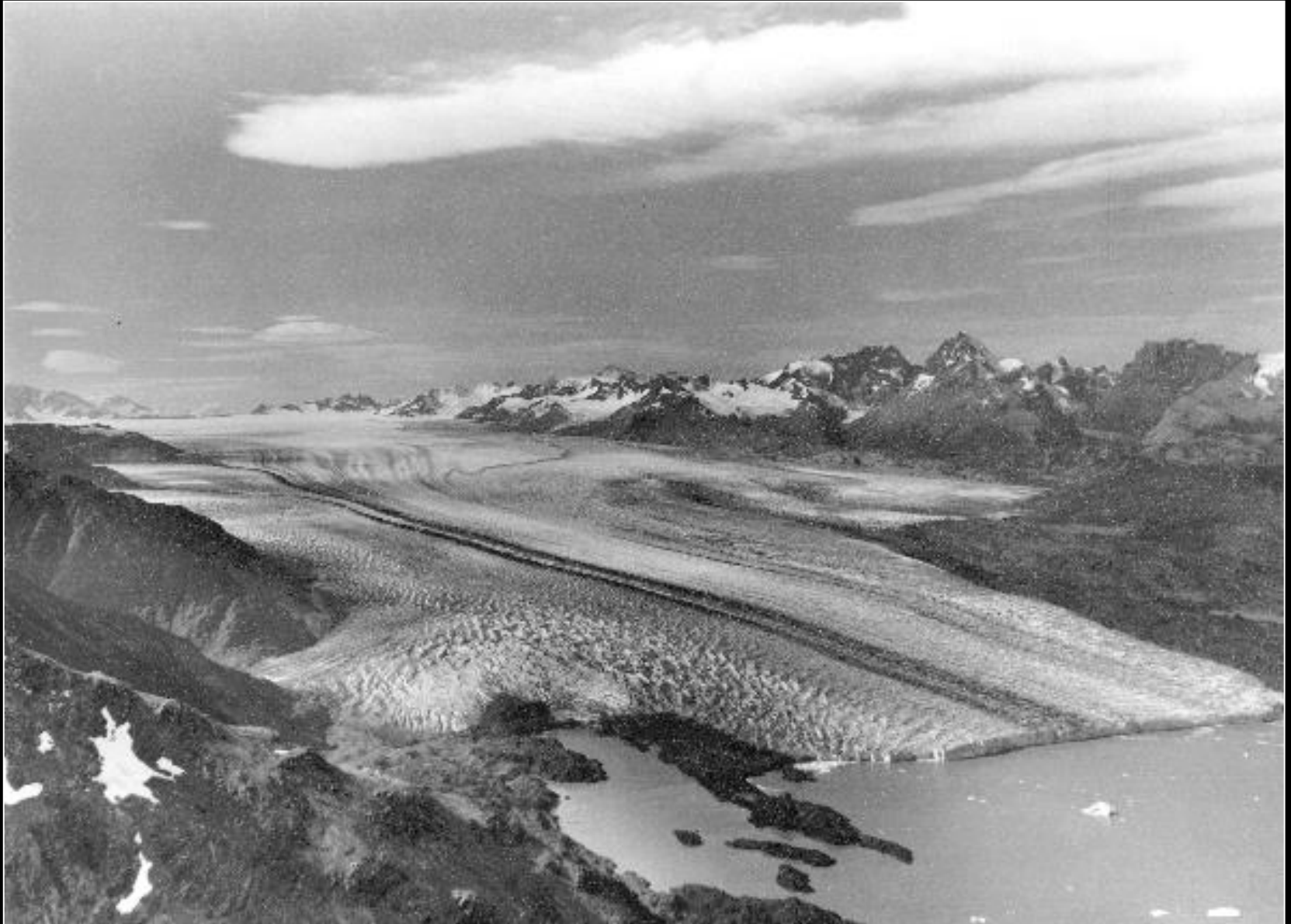
Vista 3D en falso color - 2005



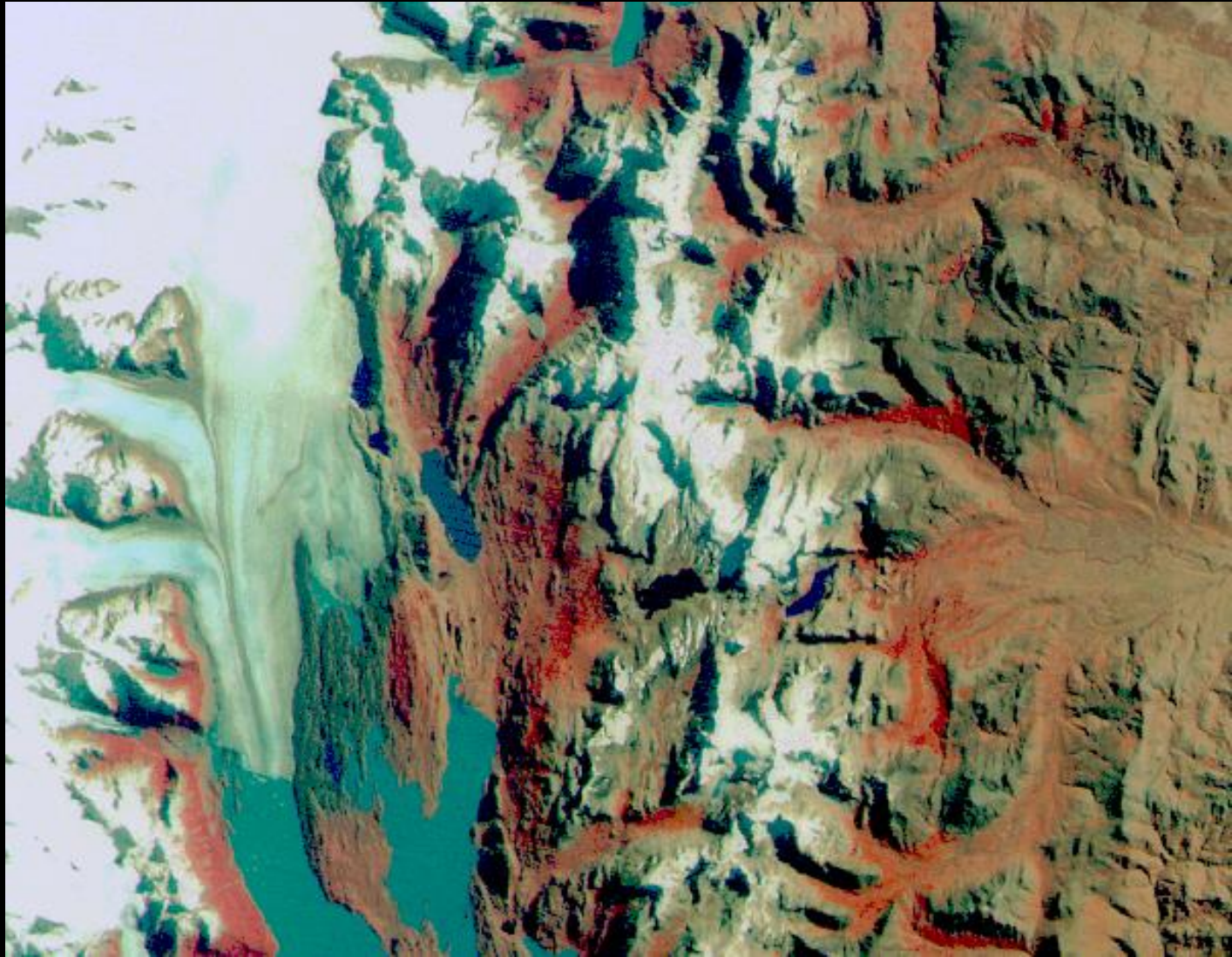
Acercamiento en color natural



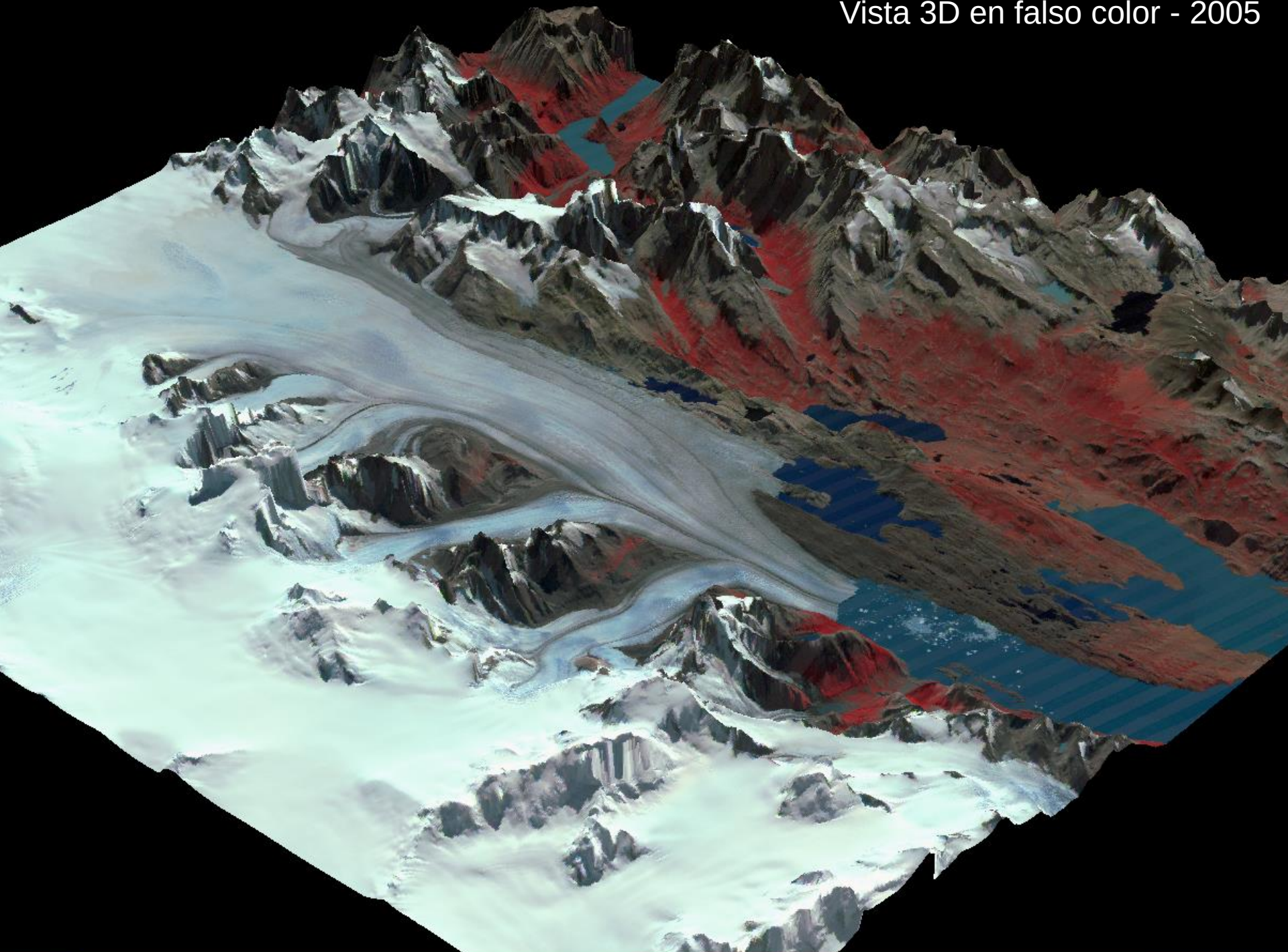
Fotografía del Glaciar Upsala tomada desde la cumbre del cerro Tres Dedos
(Fotografía registrada, M. B., 1963)



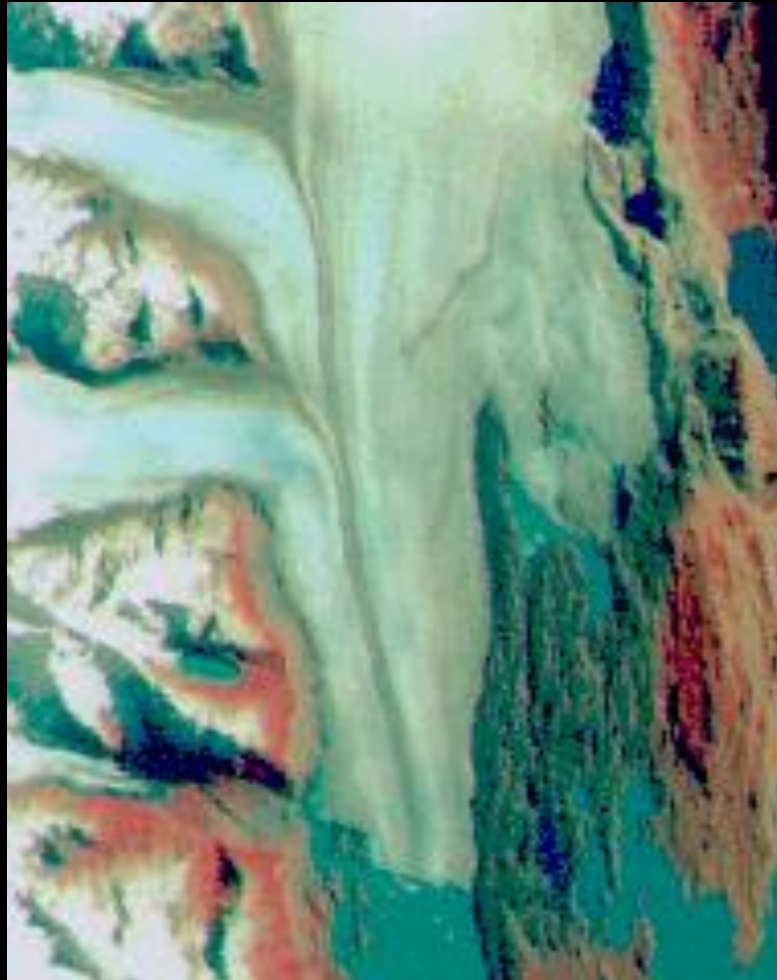
Glaciar UPSALA



Landsat MSS - Marzo 1981



Secuencia ampliada



1981

Secuencia ampliada



1985

Secuencia ampliada



1997

Secuencia ampliada



1999

Secuencia ampliada



2002

Secuencia ampliada

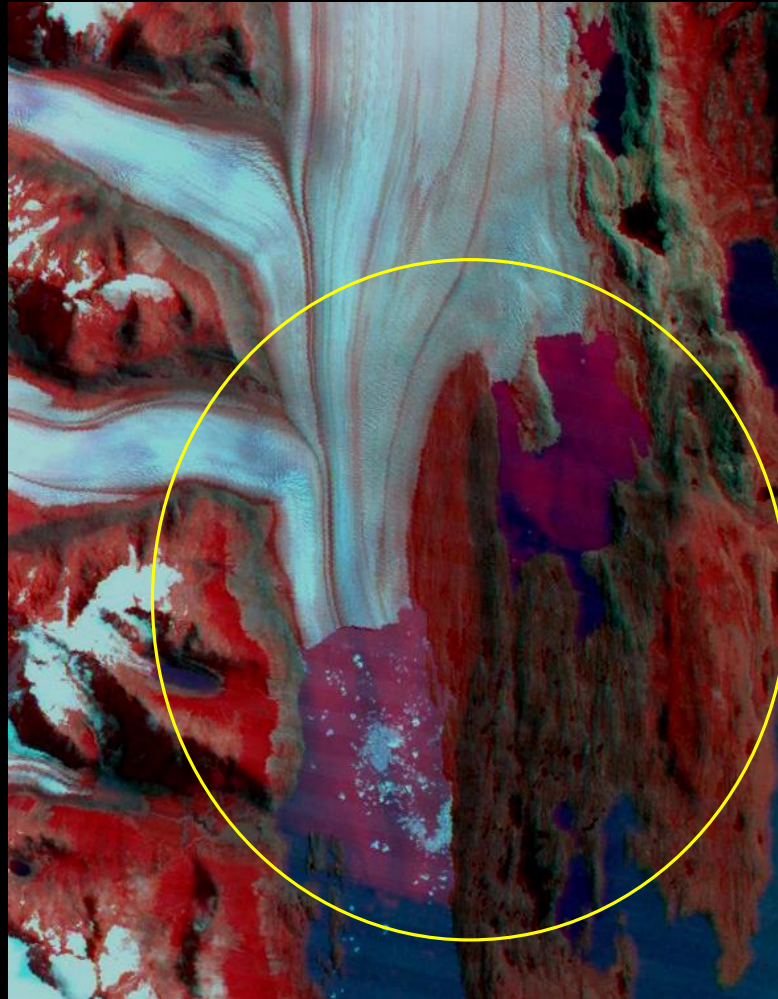


2003

Secuencia ampliada



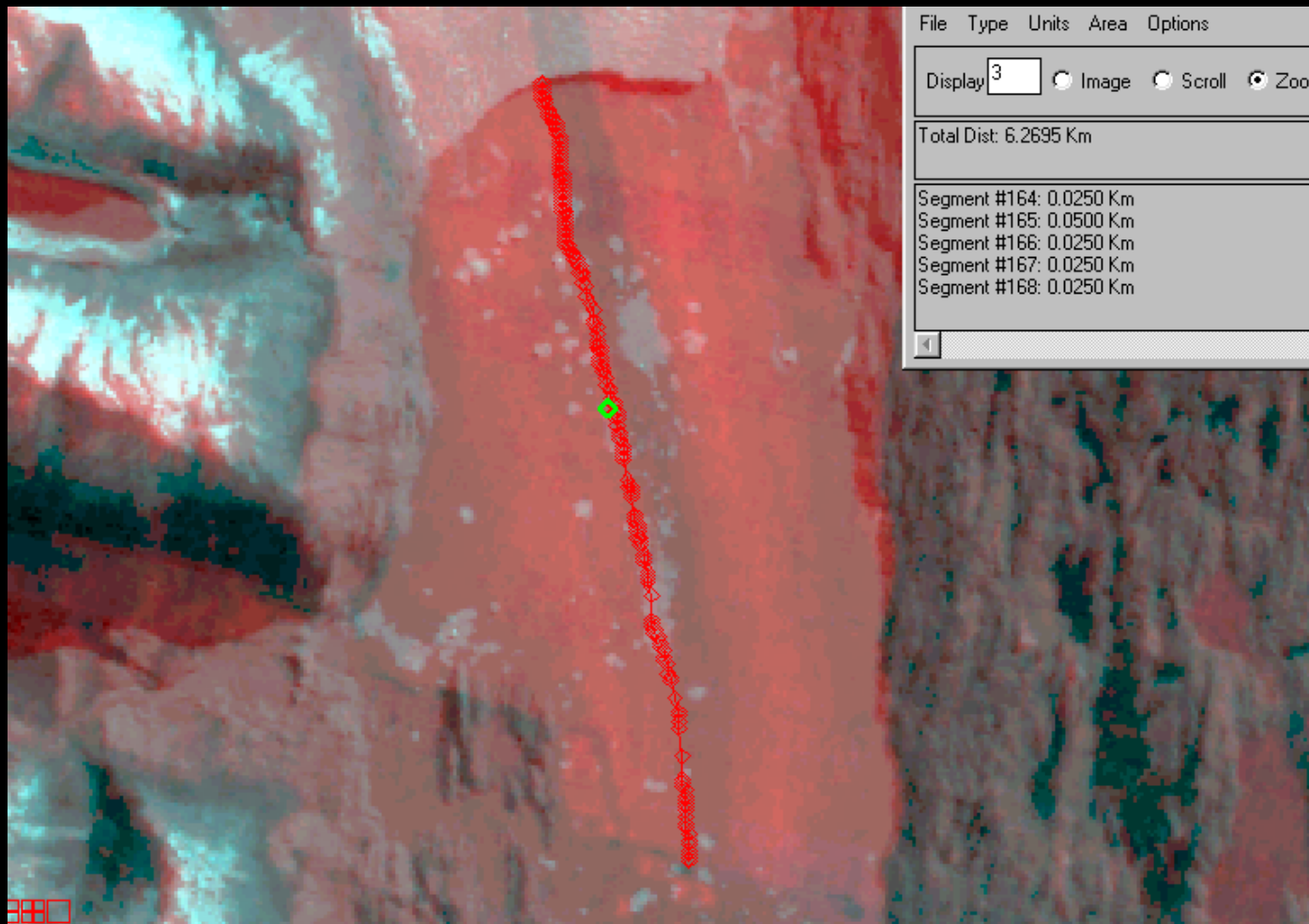
2005



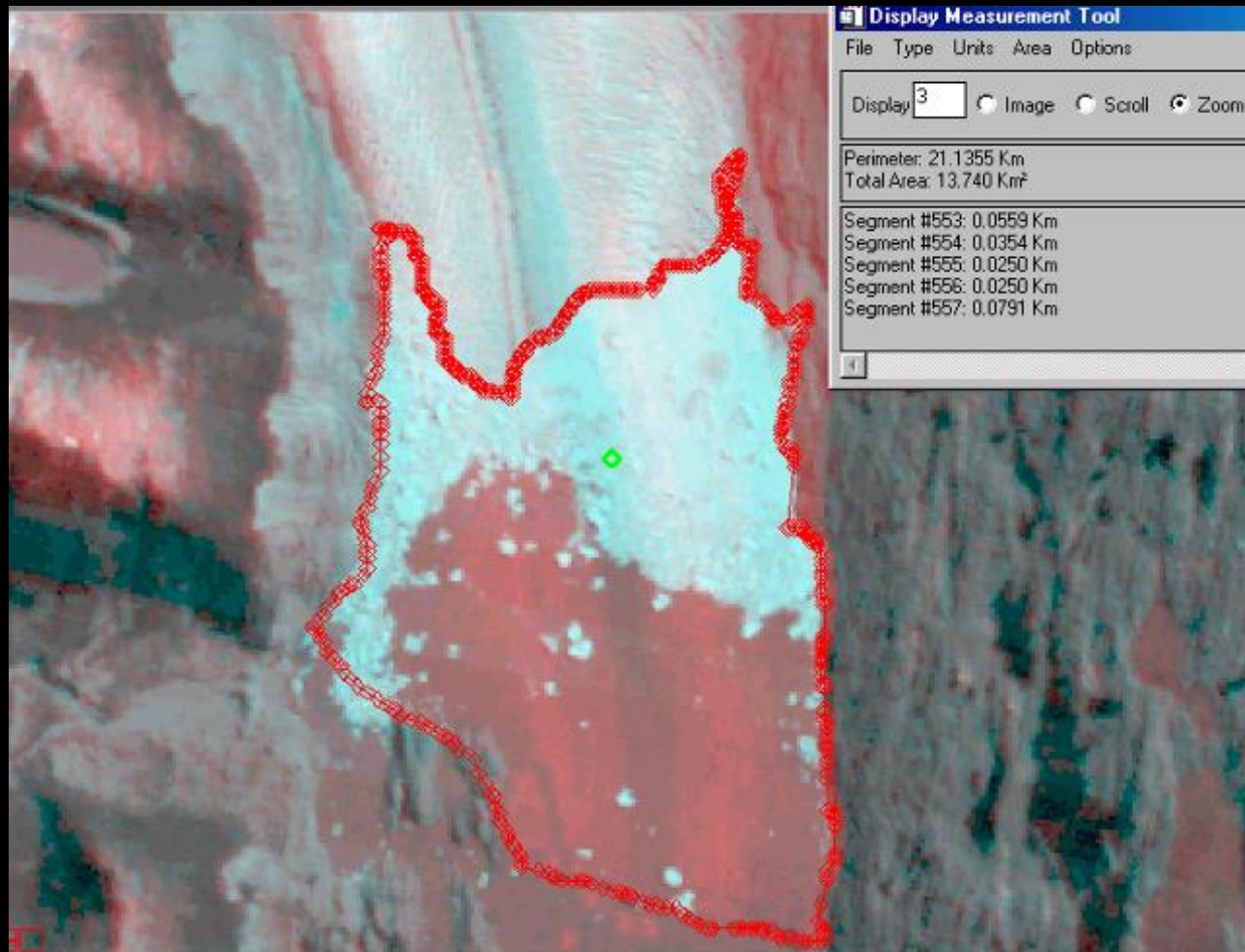
Superposición 1981 - 2005



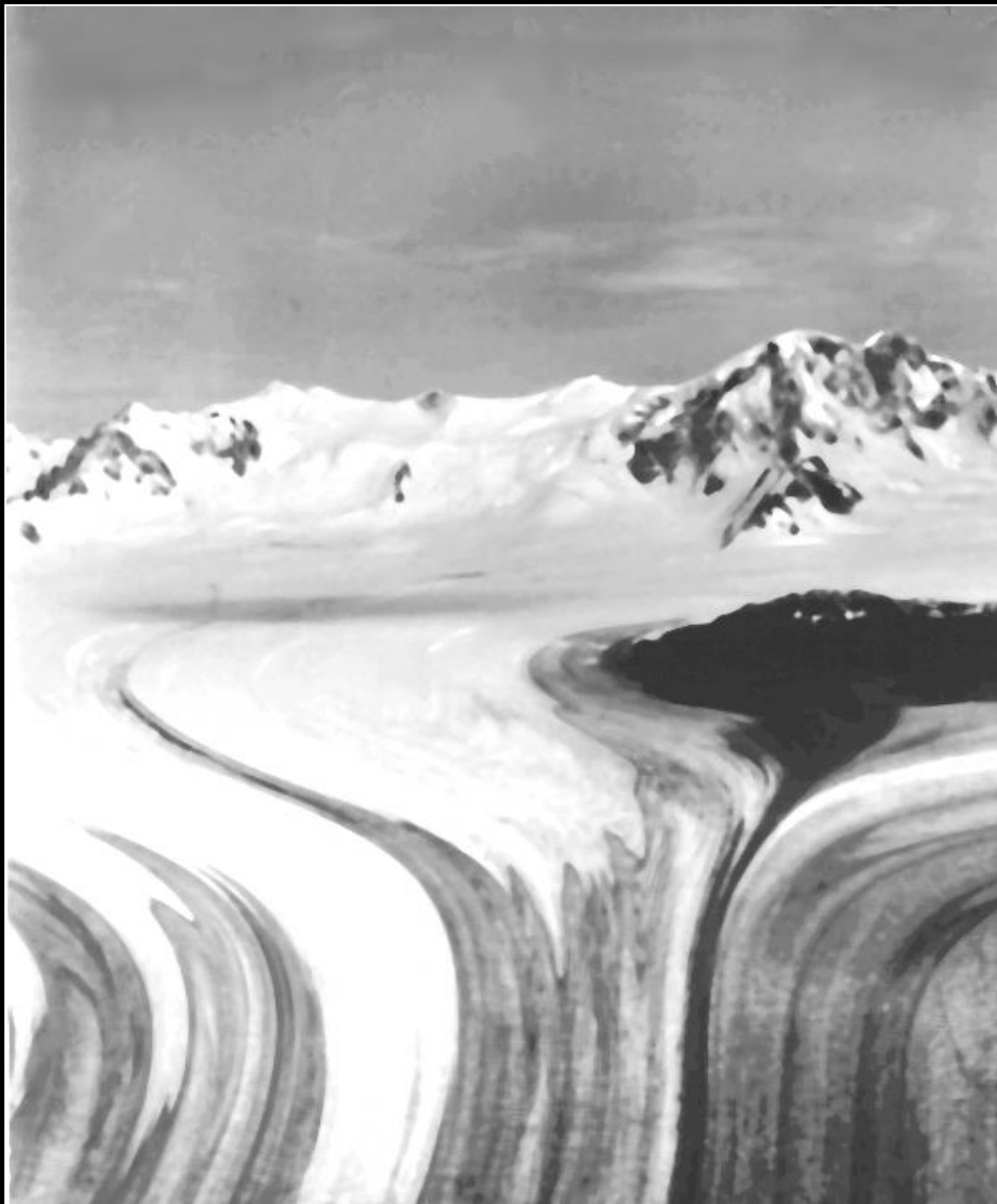
Superposición 2005 - 2006



Retroceso del frente del Glaciar Upsala medido sobre su morena central.
Imágenes comparadas 1981-1999

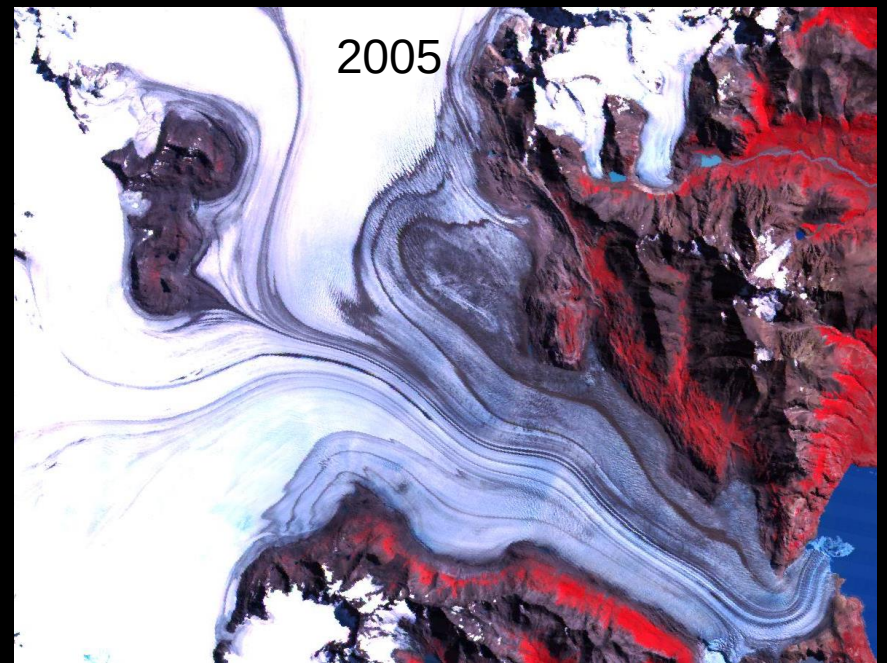
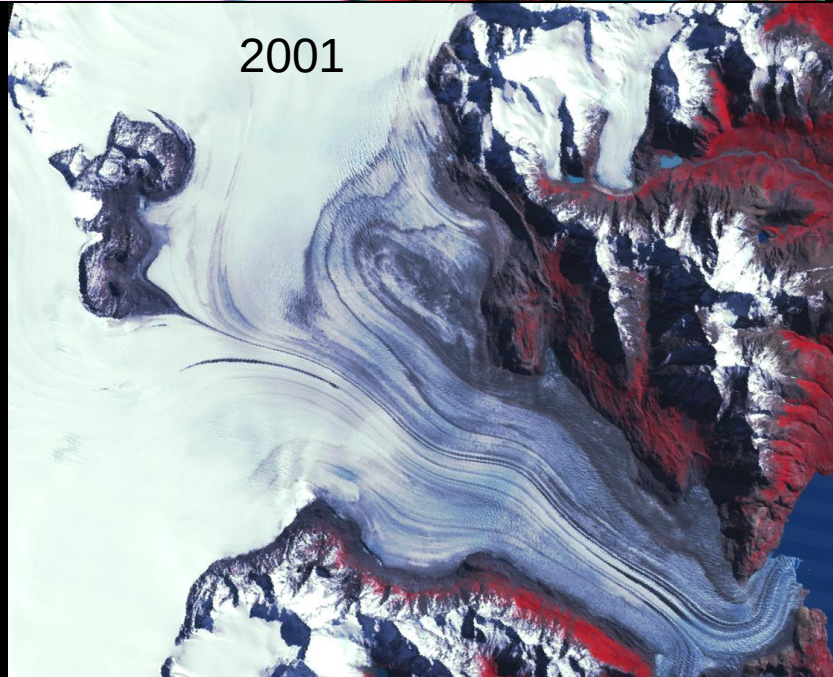
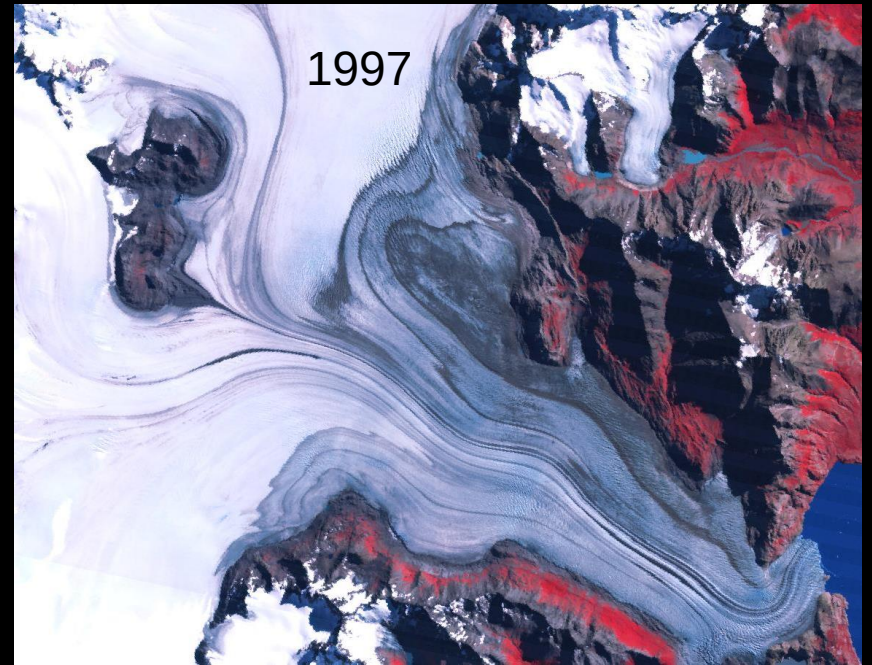
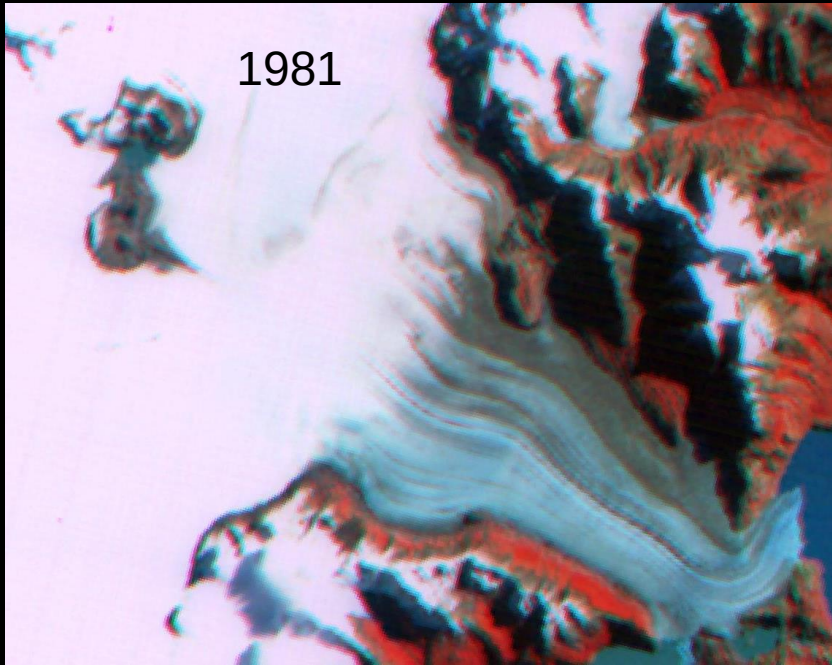


Medición de área de retroceso sobre el Brazo Upsala.
Imágenes comparadas 1981 - 1997



**EL Glaciar Viedma es alimentado por el Brazo Sur (izquierda) y el Brazo Norte (derecha) .En el centro, el Nunatak Viedma hace de cuña y une la parte inferior que llega a las aguas del Lago homónimo.
(Fotografía registrada , M. B.)**

GI. VIEDMA



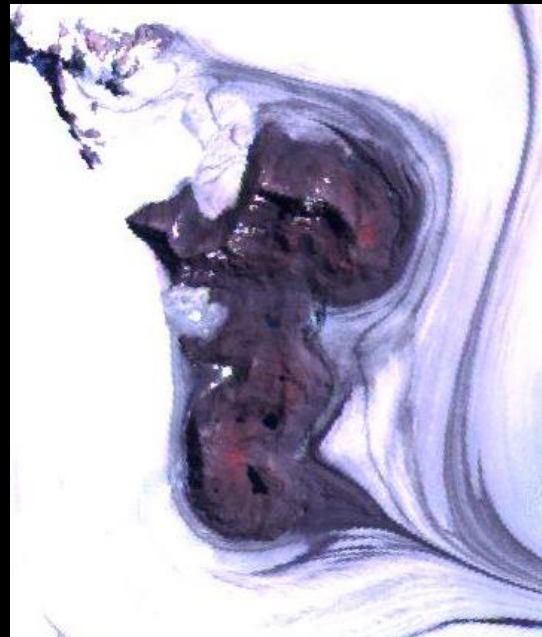
1981



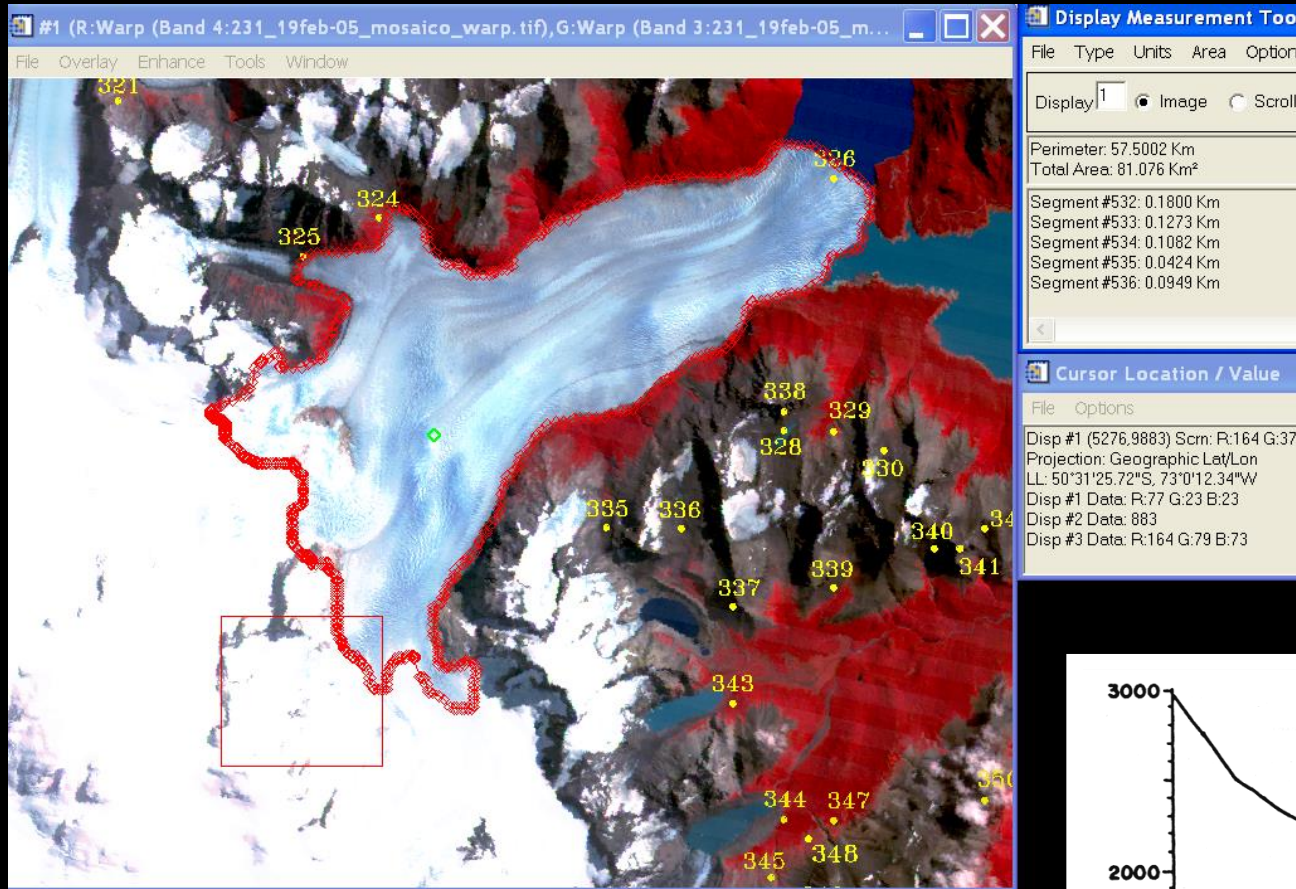
2005



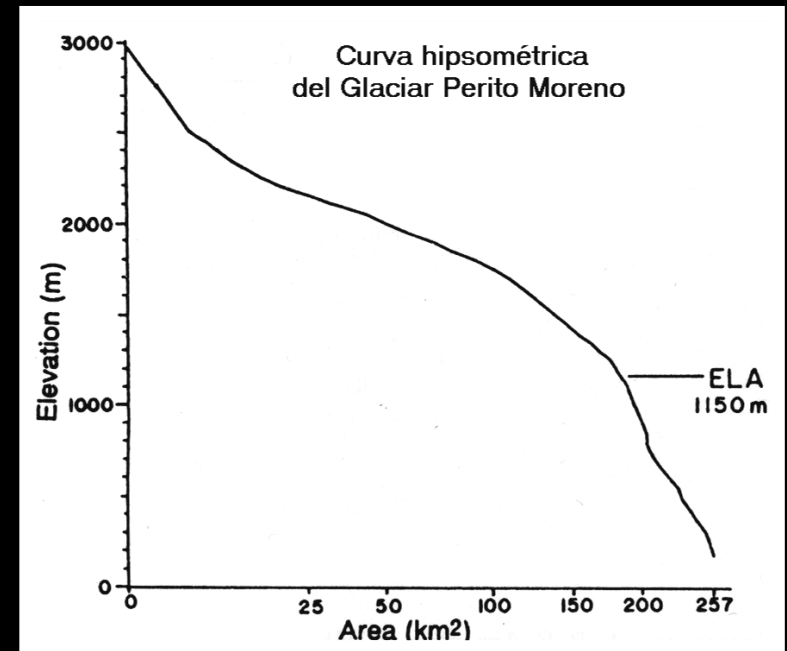
Frente
Gl. Viedma



Nunatak
Gl. Viedma

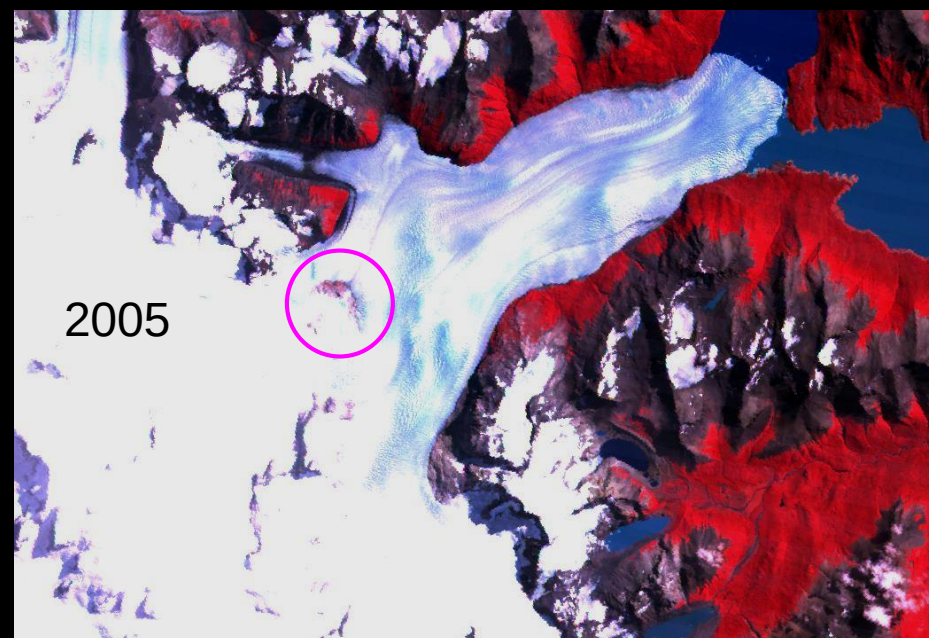
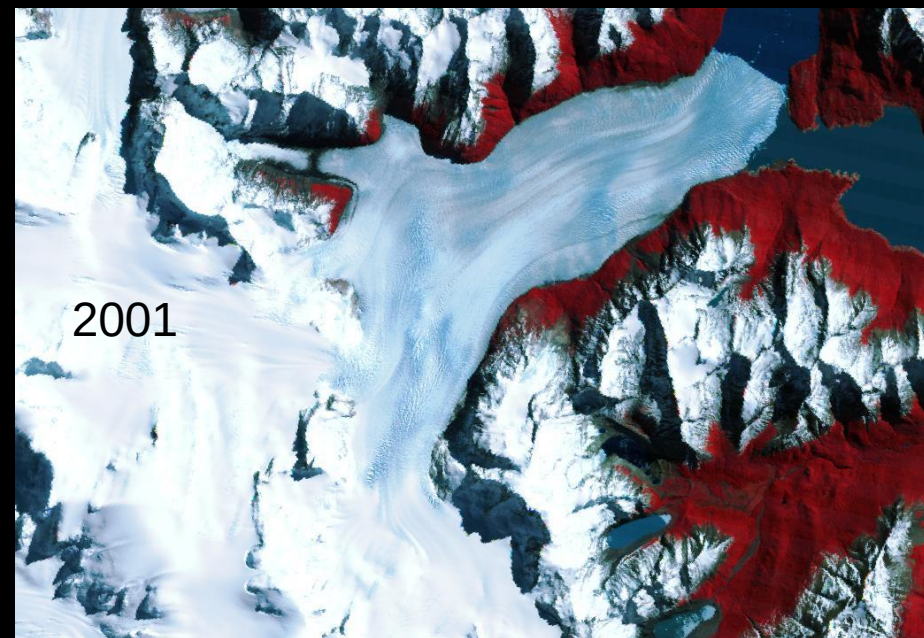
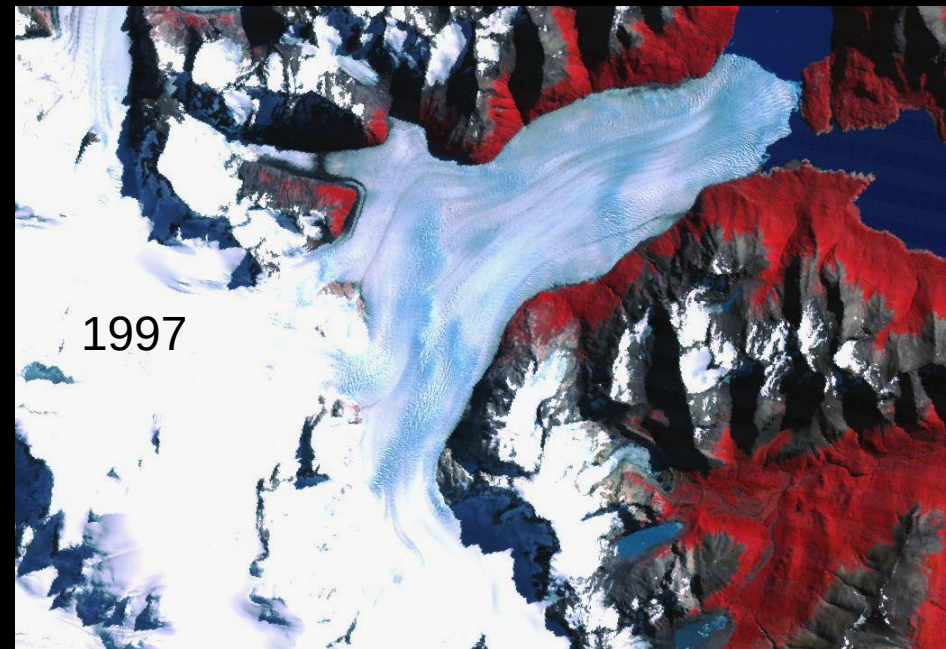
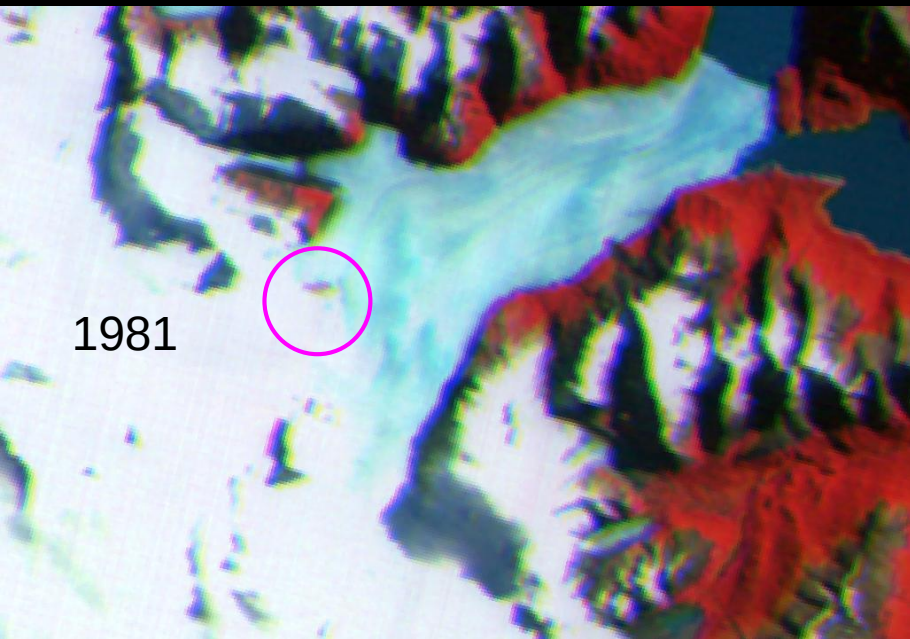


Glaciar Perito Moreno 2005

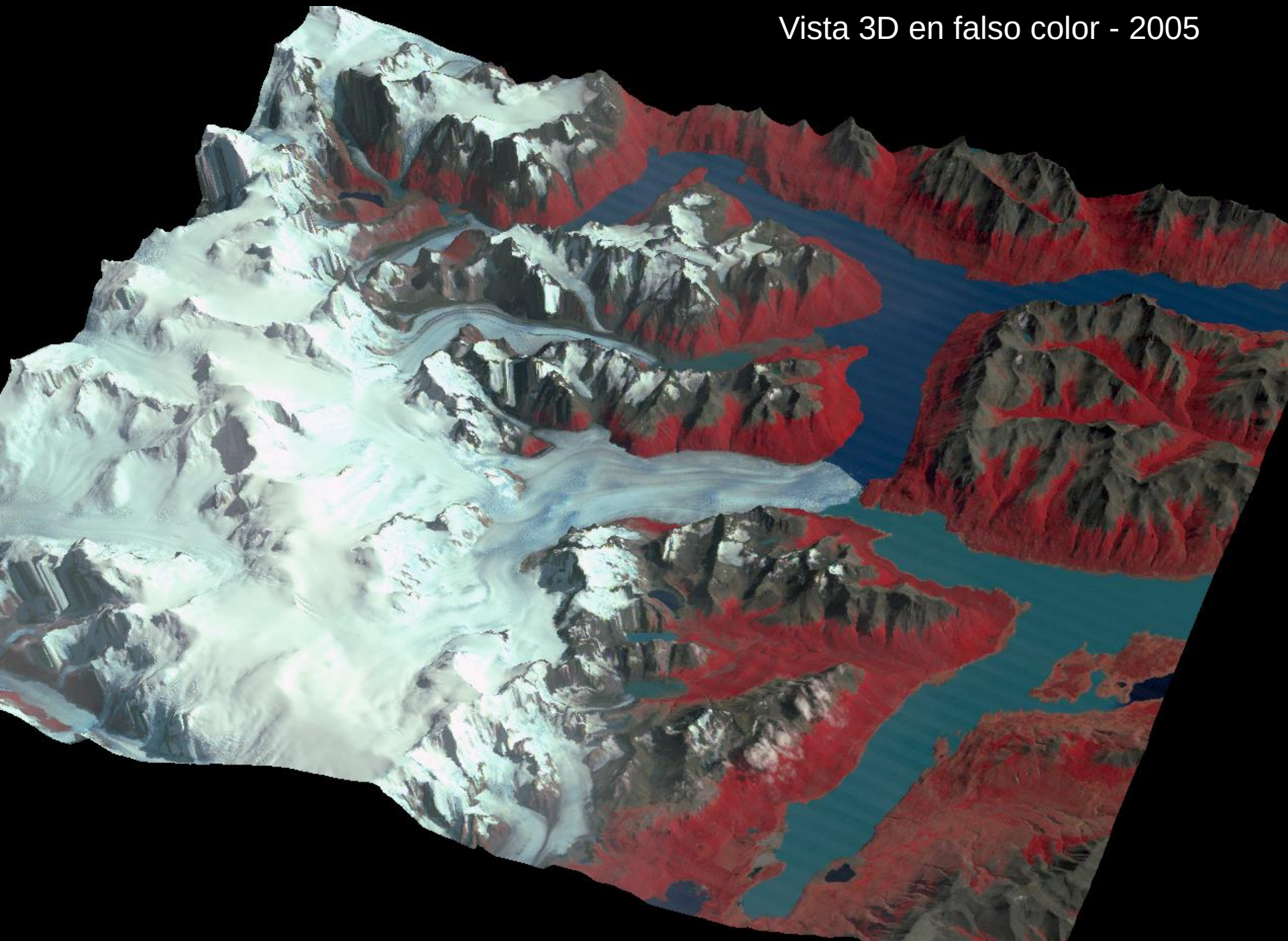


Fuente: Aniya, M., Skvarca, P. ; "Characteristics and variations of Upsala and Moreno Glaciers, southern Patagonia", Bulletin of Glacier Research 10 (1992), páginas 39-53

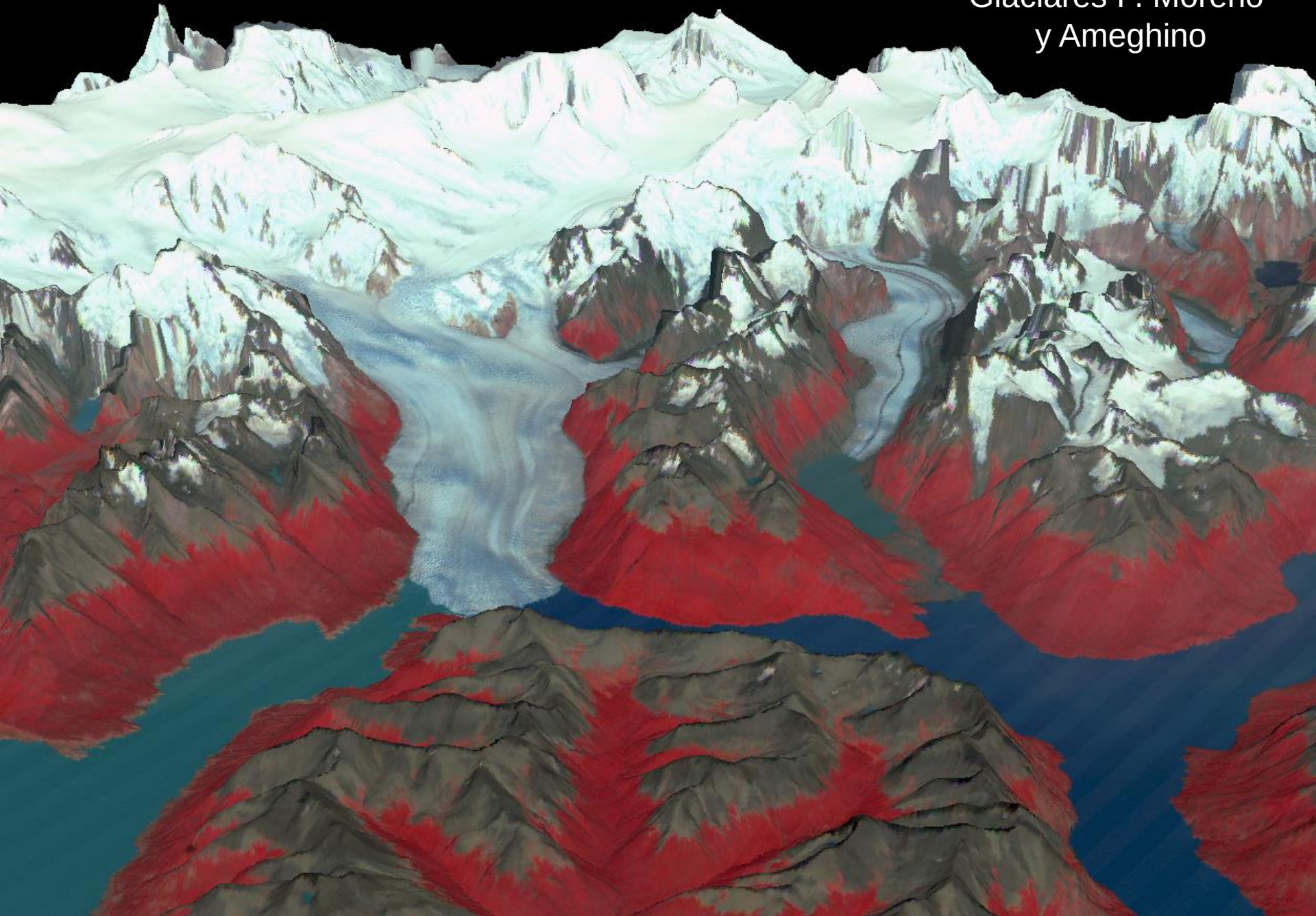
GI. PERITO MORENO



Vista 3D en falso color - 2005

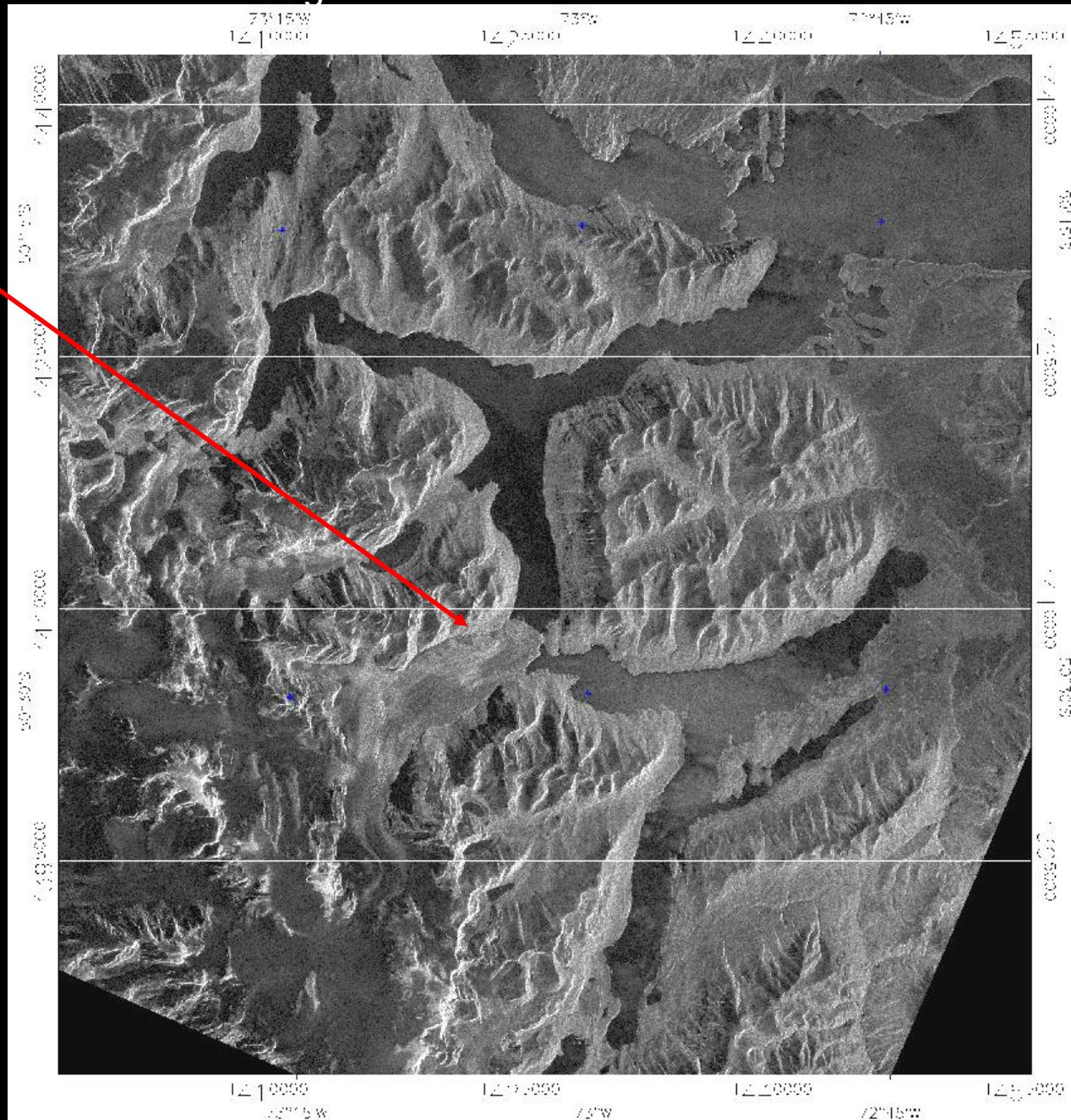


Acercamiento de Frente
Glaciares P. Moreno
y Ameghino

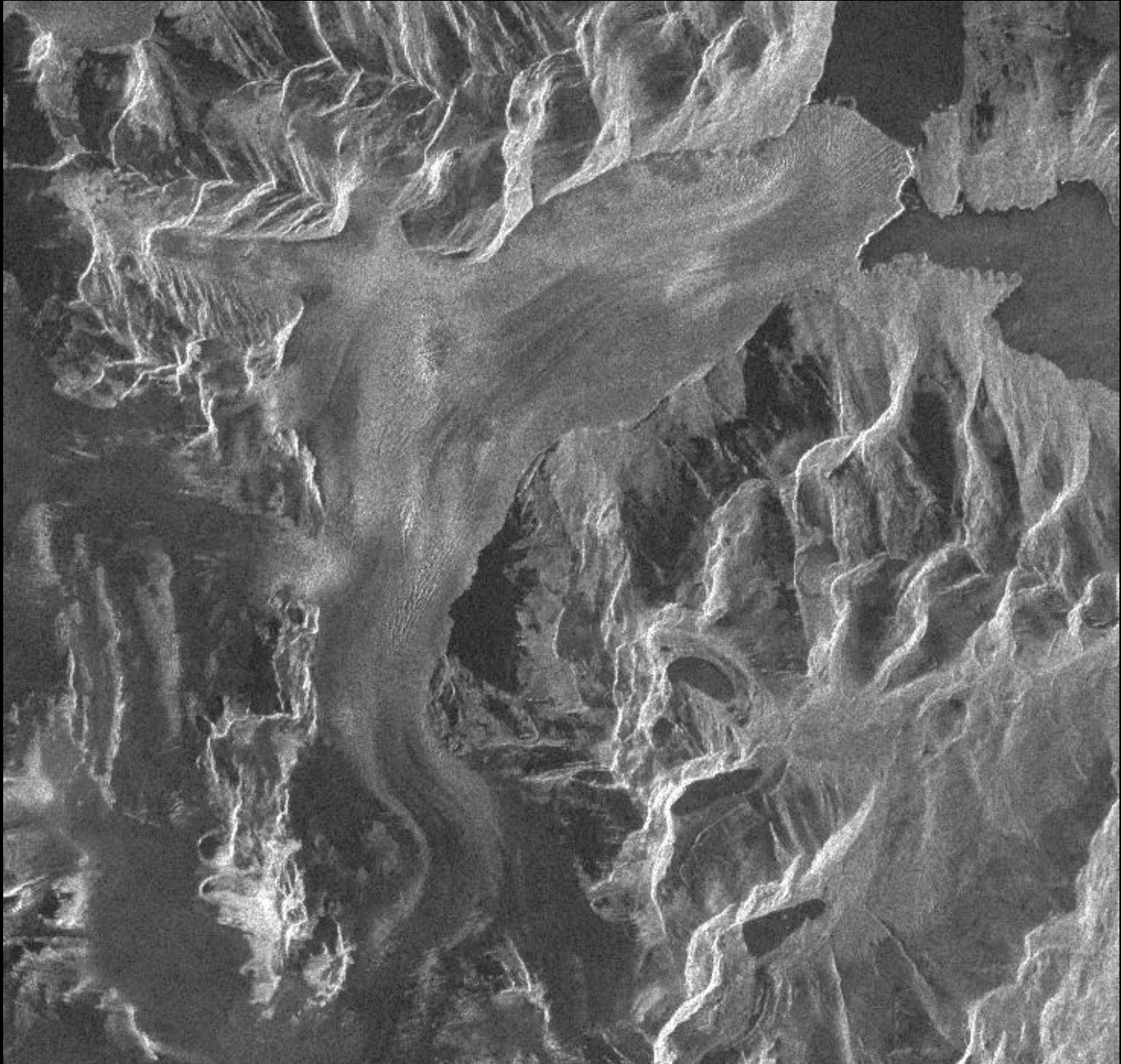


Recorte de imagen Radarsat S5 del área del Glaciar P. Moreno
con georreferenciación – 17-Ene-00

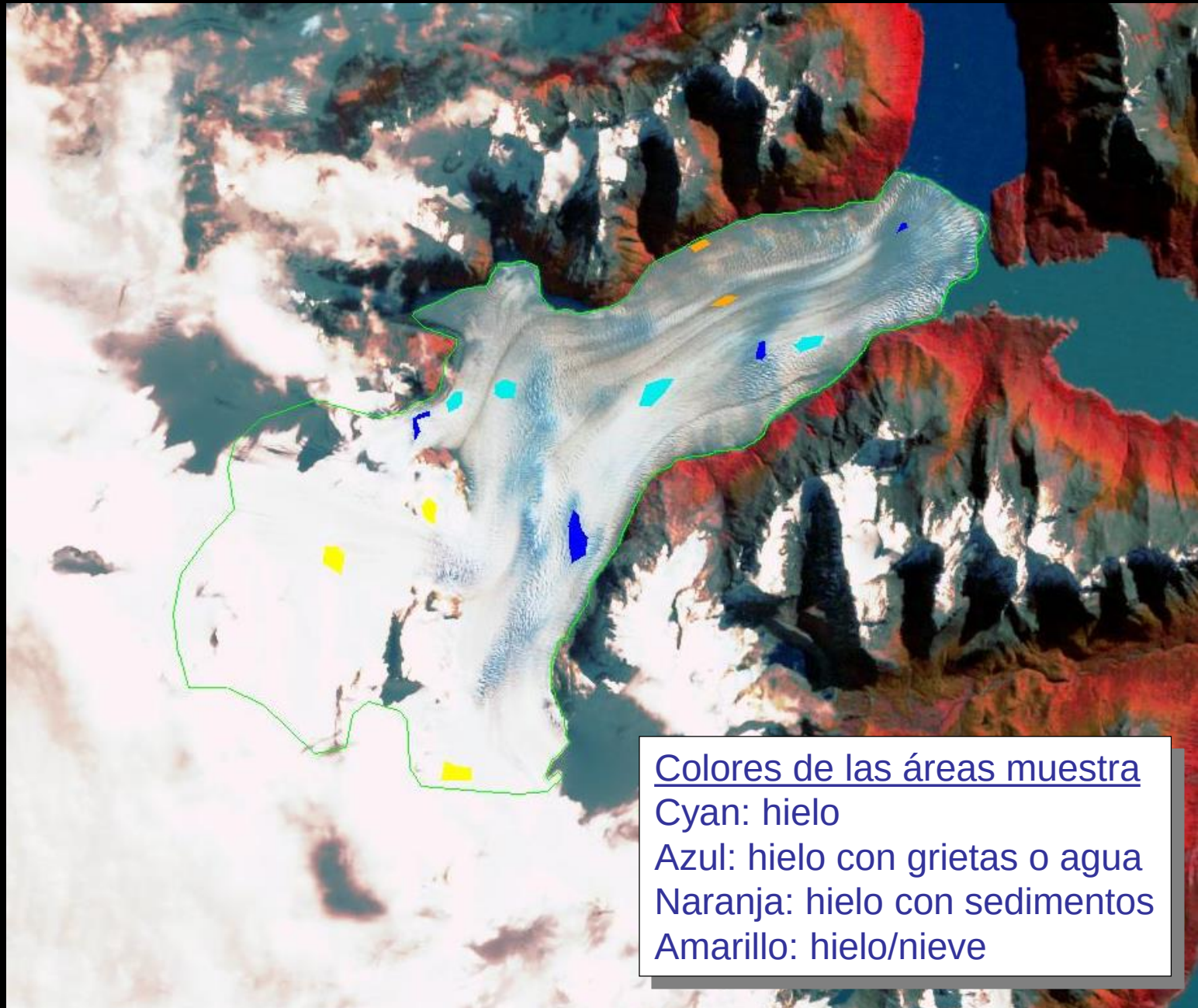
Glaciar
Perito
Moreno



Vista ampliada del Glaciar Perito Moreno – Imagen RADARSAT



Vista ampliada con áreas muestra para clasificación – Imagen LANDSAT



Colores de las áreas muestra

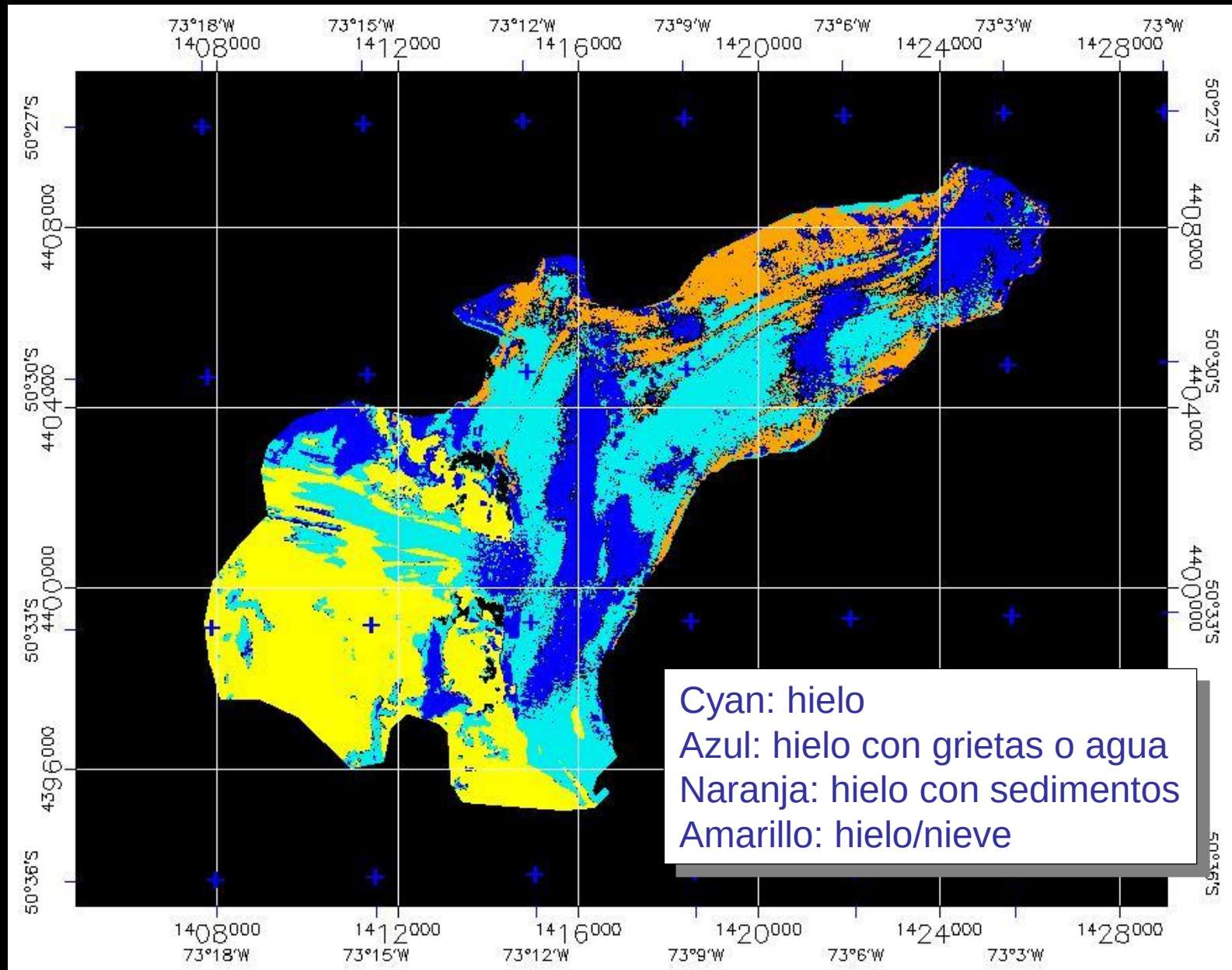
Cyan: hielo

Azul: hielo con grietas o agua

Naranja: hielo con sedimentos

Amarillo: hielo/nieve

Clasificación Supervisada sobre bandas espectrales de la imagen Landsat TM7 y dos bandas de textura de la imagen Radarsat que mejoran separabilidad e/clases



Generación de DEM por correlación de par estereoscópico



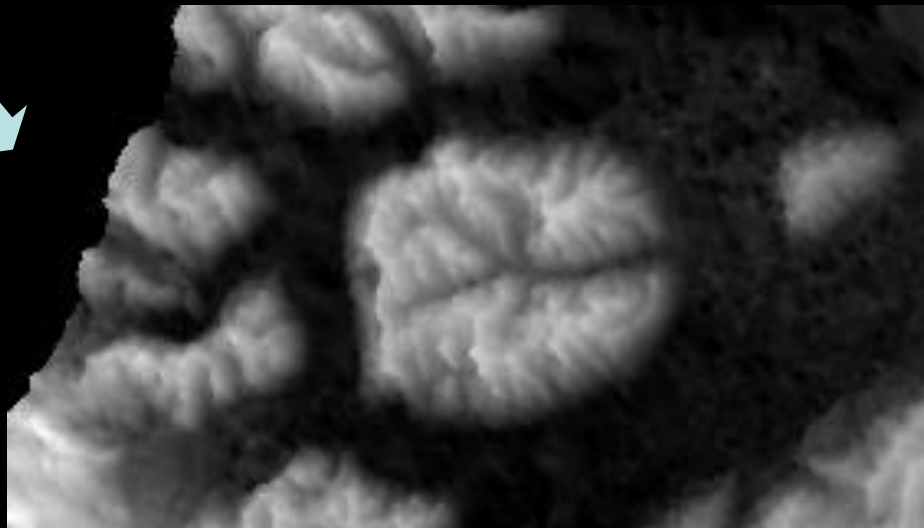
Radarsat S7

**Zona Glaciar
Perito Moreno**

**Puntos de Apoyo
X,y,z
y Puntos de Enlace**



Radarsat S5

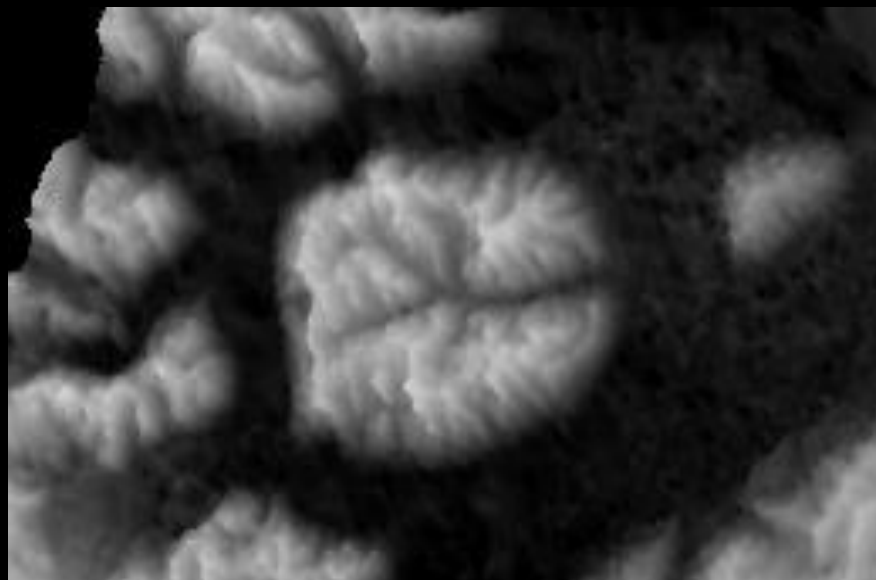
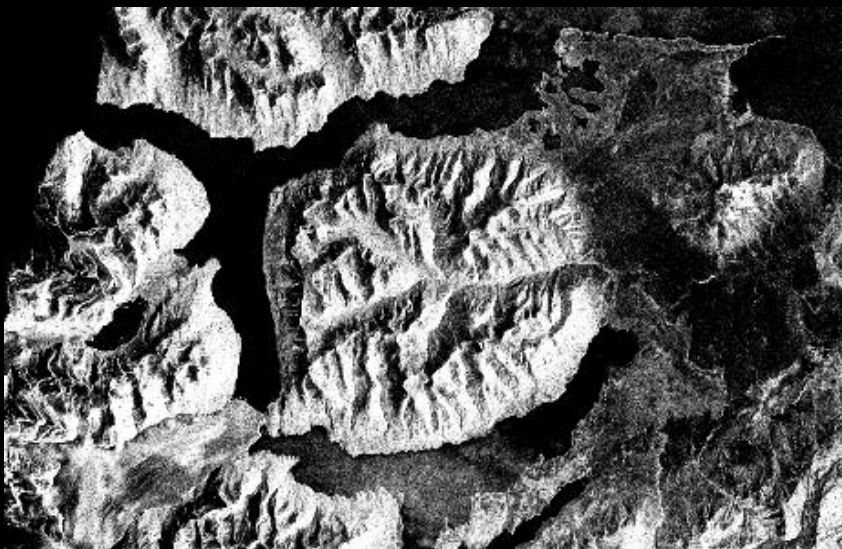


DEM

Ortorrectificación



S7

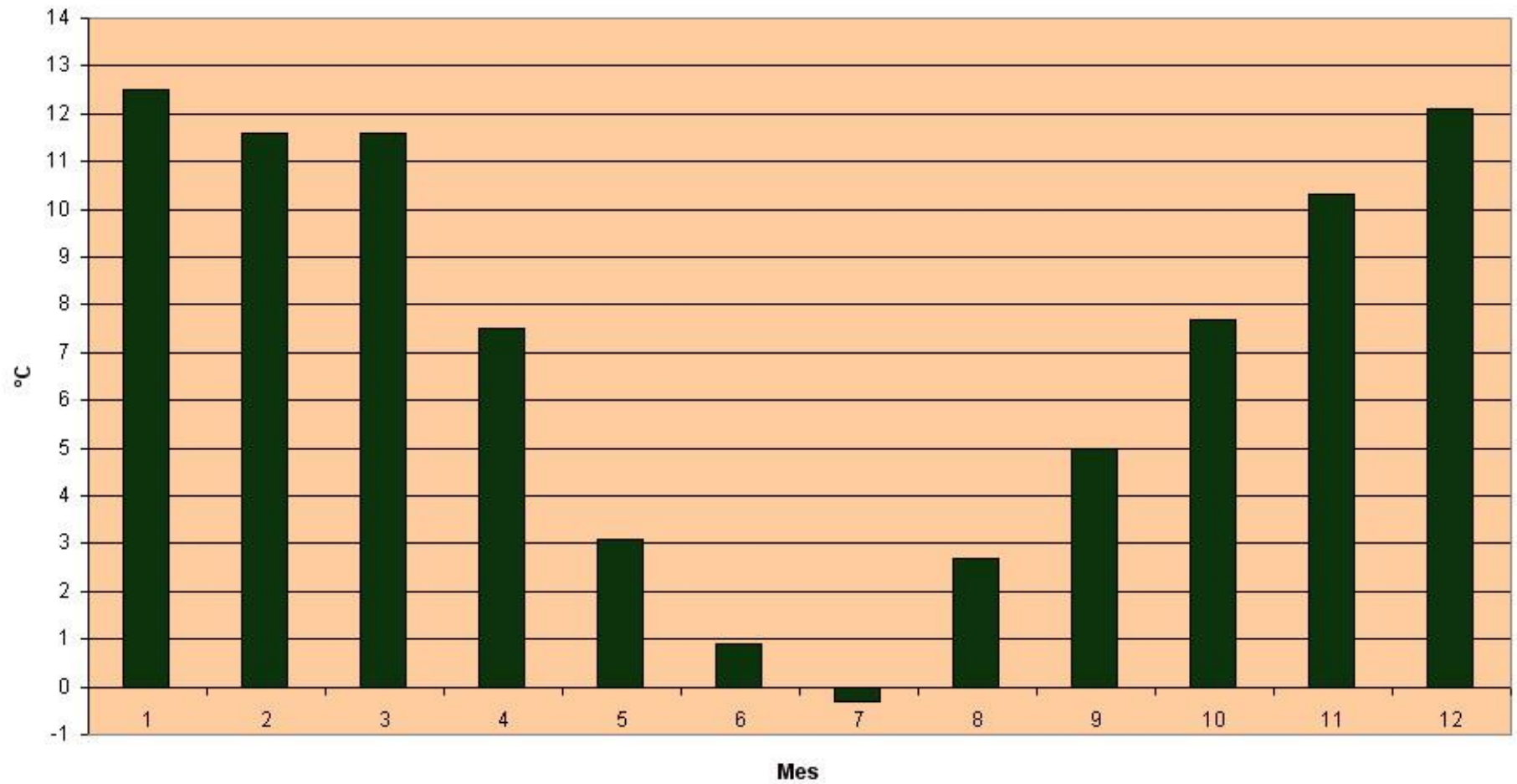


DEM



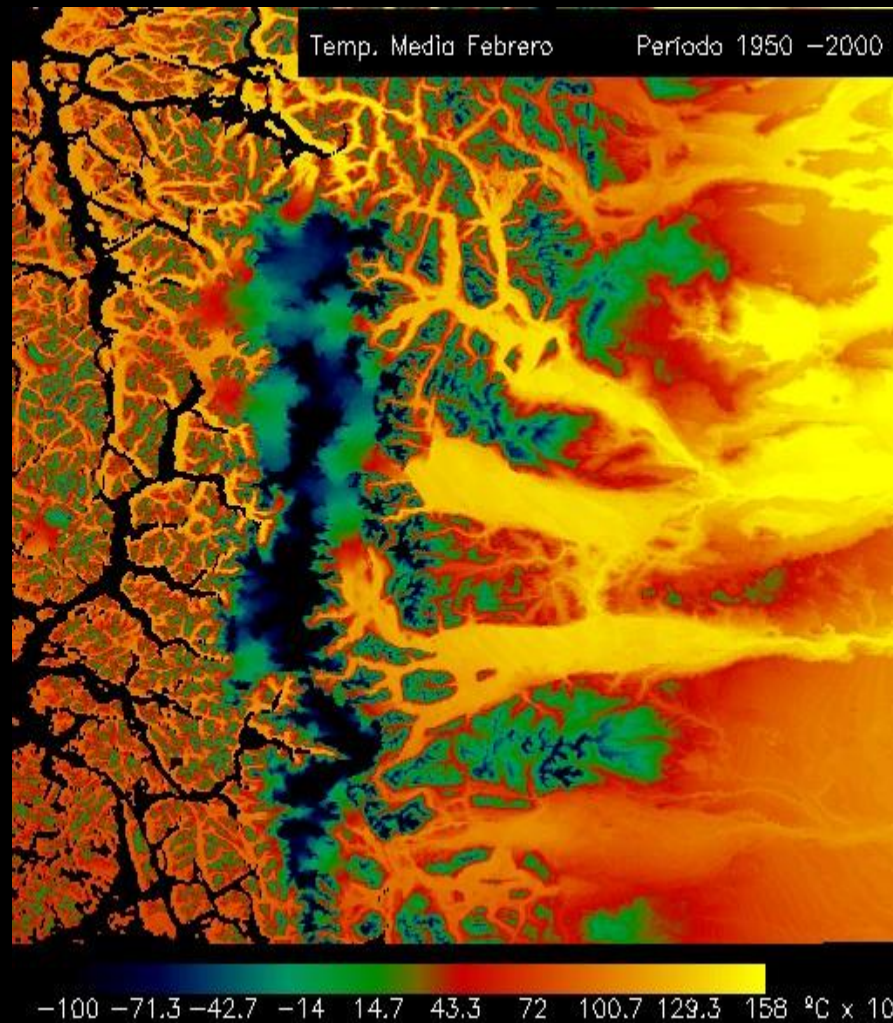
Producto derivado:
S7 Ortorrectificada

**Temperatura Media Mensual Año 1997
Lago Argentino**



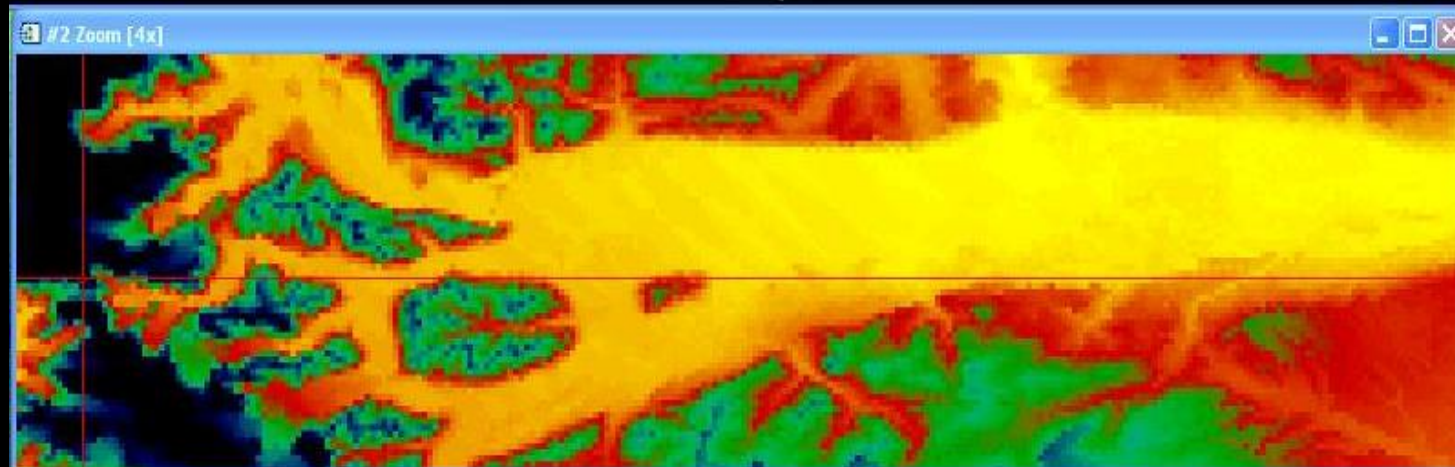
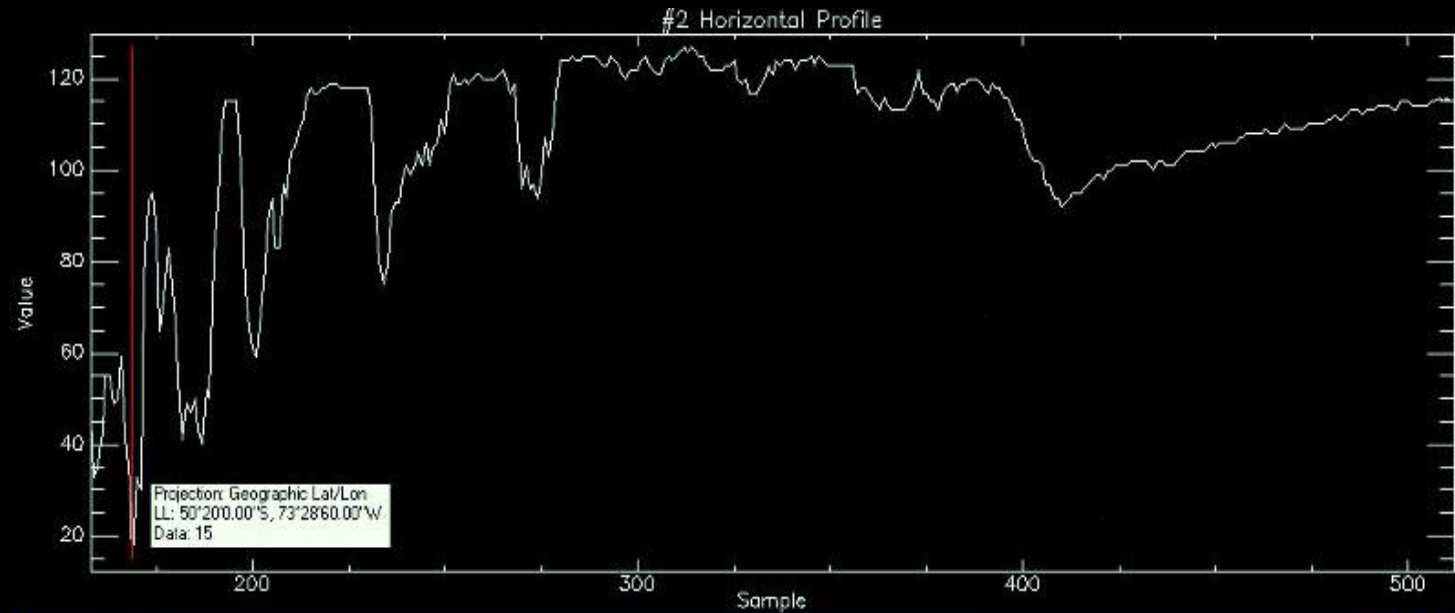
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

Temperaturas medias de los meses de Febrero del período 1950-2000



Fuente: WORLDCLIM Variables Bioclimáticas

Perfil de temperaturas medias Feb. 1950-2000 en la línea indicada



Fuente: WORLDCLIM Variables Bioclimáticas

Tabla de Atributos correspondiente al "Inventario de Glaciares"

El Campo "Observaciones" contiene los Cambios Observados

Attributes of Glaciares.shp								
Shape	Id	Newfield1	Descripcio	Newfield2	Newfield3	Altura sn	Newfield4	Observ
Point	238	Glaciar del Gran Nunatak	Glaciar Upsala	49° 44' S 73° 21' W	Estacionario	1300	De ladera y valle	Reducción de volumen
Point	239	Glaciar Bosco	Glaciar Upsala	49° 46' S 73° 21' W	En retroceso	1300	De valle compuesto	Menor vol. morena m/marc. nunataks lat.
Point	240	Glaciar del Murallón	Glaciar Upsala	49° 48' S 73° 21' W	En retroceso	900	De valle compuesto	Muy deter., separó de 239 no llega a Ups
Point	241	Glaciar Cumbre Murallón	Glaciar Upsala	49° 48' S 73° 25' W	Estacionario	2600	De casquete colgante	Deteriorado faldeo oriental
Point	242	Glaciar Tosello Norte	Glaciar Upsala	49° 49' S 73° 20' W	En retroceso	900	De valle compuesto	Desaparecido
Point	243	Glaciar Tosello Este	Glaciar Upsala	49° 50' S 73° 21' W	En retroceso	1200	De ladera	Desaparecido
Point	244	Glaciar Tosello Sur	Glaciar Upsala	49° 50' 20" S 73° 23' W	En retroceso	850	De ladera suspendido	Sin más contacto con el glaciar Cono
Point	245	Glaciar Cono	Glaciar Upsala	49° 53' S 73° 21' W	En retroceso	850	De valle compuesto	Reducc. de volumen, angostam. lengua
Point	246	Glaciar Promontorio Cono	Glaciar Upsala	49° 53' 20" S 73° 23' W	En retroceso	1400	De ladera	Casi desaparecido sólo manchones z. acum.
Point	247	Glaciar Cumbre Cono N	Glaciar Upsala	49° 52' S 73° 23' W	En retroceso	850	De valle	Reducc. hielo en z. acum., angost. lengua
Point	248	Glaciar Cumbre Cono S	Glaciar Upsala	49° 54' S 73° 26' W	En retroceso	1300	De ladera	Reducc. de vol. (nunataks más expuestos)
Point	249	Glaciar Rincon Escondido	Glaciar Upsala	49° 52' 30" S 73° 26' 30"	En retroceso	1000	De valle	Estado estable
Point	250	Glaciar Rincon Escondido	Glaciar Upsala	49° 52' 20" S 73° 27' W	En retroceso	1000	De valle compuesto	Retroceso zona de englaciamiento
Point	251	Glaciar Rincon Escondido	Glaciar Upsala	49° 51' 30" S 73° 26' 40"	En retroceso	950	De valle compuesto	Estable
Point	252	Glaciar Rincon Escondido	Glaciar Upsala	49° 51' 20" S 73° 26' W	En retroceso	900	De valle compuesto	Gran deterioro todo, espec. desde 1997
Point	253	Glaciar Bertachi	Glaciar Upsala	49° 55' 30" S 73° 21' W	En retroceso	800	De valle compuesto	Angostam. lengua, morenas y grietas marc
Point	254	Glaciar Bertrand Norte	Glaciar Upsala	49° 55' 30" S 73° 22' 30"	En retroceso	900	De valle compuesto	Ahora AGASSIZ N. Marcado angostamiento
Point	255	Glaciar Ante-Cumbre Bertrand	Glaciar Upsala	49° 56' 30" S 73° 25' 30"	En retroceso	1300	De valle	En retroceso, reducc. de vol.
Point	256	Glaciar Ante-Cumbre Bertrand	Glaciar Upsala	49° 55' 40" S 73° 24' W	En retroceso	1200	De valle compuesto	En retroceso, red. de vol. grandes rocas
Point	257	Glaciar Colgante Ante-Cumbre Bertrand	Glaciar Upsala	49° 36" S 73° 22' W	En retroceso	1300	Colgante	-
Point	258	Glaciar Espolon Bertrand	Glaciar Upsala	49° 56' 20" S 73° 21' W	En retroceso	1300	De ladera	En retroceso marcado en su frente
Point	259	Glaciar Delgado Bertrand	Glaciar Upsala	49° 58' 40" S 73° 20' 45"	En retroceso	600	De valle	Hielo sólo en parte sup. del englaciame.
Point	260	Glaciar Ante-Cumbre Bertrand	Glaciar Upsala	49° 58' 50" S 73° 23' W	En retroceso	600	De valle compuesto	AGASSIZ E Deterio. zona ablac. c/morenas
Point	261	Glaciar Ante-Cumbre Bertrand	Glaciar Upsala	49° 58' 20" S 73° 25' W	En retroceso	750	De ladera compuesto	Muy deteriorado
Point	262	Glaciar Bertrand Sur	Glaciar Upsala	49° 59' 30" S 73° 23' W	En retroceso	300	De valle compuesto	Ahora AGASSIZ SE. Sólo en zona de acum.
Point	263	Glaciar Cumbre Bertrand	Glaciar Upsala	49° 59' 10" S 73° 25' 30"	En retroceso	1200	De ladera	Pérdida de volumen
Point	264	Glaciar Upsala	Lago Argentino	50° 01' S 73° 19' W	En retroceso	120	De valle compuesto	Marcado retroc. frente s/lago y Pla. Herm
Point	265	Glaciar Agassiz	Lago Argentino	50° 06' 30" S 73° 22' W	En retroceso	185	De valle compuesto	Reducción de volumen en zona de acum.
Point	266	Glaciar Cumbres S/N	Lago Argentino	50° 04' S 73° 25' W	Estacionario	1400	De ladera y valle	En retroceso, pérdida de volumen
Point	267	Glaciar Bolados Cumbre	Lago Argentino	50° 05' S 73° 25' W	En retroceso	600	De ladera y valle	Más estable que 268, reducc. en lengua
Point	268	Glaciar Bolados Cresta	Lago Argentino	50° 07' S 73° 25' W	En retroceso	300	De ladera y valle	Gran retroc. de frente, separó del Onelli
Point	269	Glaciar Central de Cumbres	Lago Argentino	50° 07' S 73° 27' 30" W	En retroceso	300	Casquete	Menor volumen en zona de acumulación
Point	270	Glaciar Onelli	Lago Argentino	50° 07' S 73° 22' W	En retroceso	185	De valle compuesto	Enorme retroc. en lago, separó del Bolad
Point	271	Glaciar Bifurcado Onelli	Lago Argentino	50° 09' S 73° 25' 30" W	En retroceso	500	De valle compuesto	Casi inexistente (manchones)
Point	272	Glaciar Heim Norte	Lago Argentino	50° 08' 30" S 73° 20' W	En retroceso	450	De valle compuesto	Zona ablac. deter. y sucia retro. frente
Point	273	Glaciar de La Silla	Lago Argentino	50° 10' S 73° 18' W	En retroceso	1600	De cuenca	Muy deteriorado
Point	274	Glaciar Al Norte del Seco	Lago Argentino	50° 10' 20" S 73° 19' 15"	En retroceso	1450	De ladera	Estable
Point	275	Glaciar Ante-Cumbre No	Lago Argentino	50° 11' S 73° 21' 30" W	Estacionario	2300	Susp. de ladera	Estable
Point	276	Glaciar Seco del Totaliz	Lago Argentino	50° 10' 45" S 73° 18' W	En retroceso	380	De valle compuesto	Pequeño retroc. en lengua, espolon 8 rocos
Point	277	Glaciar Heim Cumbre	Lago Argentino	50° 11' 30" S 73° 25' W	En retroceso	2000	Susp. de cumbre	Estable
Point	278	Glaciar Heim	Lago Argentino	50° 13' S 73° 20' W	En retroceso	2000	De ladera compuesto	Retroceso en todo su frente, no muy marc

Conclusiones

- Glaciares como el Upsala, Onelli-Bolados y Frías-Dickson, que apoyan su frente en lagos, han sufrido grandes retrocesos de su lengua glaciaría en las últimas dos décadas.
- En el caso del Gl. Onelli, éste se separó de su antiguo tributario el Gl. Bolados, dejando libre de hielo una mayor superficie del lago Onelli.
- Varios glaciares de ladera, como el Murallón, evidencian fuertes deterioros, sin tener los mismos una ubicación geográfica definida.
- Varios glaciares con superficies menores a 2 km² han prácticamente desaparecido desde que se realizó la publicación del libro *Inventario de Glaciares*, de 1960.
- En grandes glaciaciones de valle compuesto (Gl. Viedma) se evidencia disminución de volumen, en especial en zonas de ablación, demostrado por una mayor superficie descubierta de nunataks y espolones rocosos.

- Hay morenas muy marcadas en glaciares de valle, que indican mayor disgregación de las partes altas de los cordones montañosos, por acción erosiva de agentes exógenos.
- Glaciares que están a una misma latitud o cercana, tienen comportamientos muy dispares, lo que denota la influencia no solamente de variables meteorológicas (temperatura, precipitaciones, vientos), sino del tipo de glaciar, topografía del terreno, pendiente y aporte de tributarios en el caso de glaciares de valle compuesto.
- Zonas de ablación muy deterioradas en muchos glaciares con presencia de seracs, hoyas y fisuras.
- En varios glaciares pequeños, con casi desaparición de las zonas de ablación, se nota que las zonas de acumulación han quedado reducidas a manchones aislados.
- Algunos de los glaciares cuyo frente apoya en tierra (Gl. Spegazzini) no han sufrido cambios significativos.
- El eminente científico italiano Dr. Smiraglia manifestó que en 100 años más , no habría hielo en los glaciares del arco alpino. En Los Andes, dado las mayores dimensiones y volúmenes de sus glaciares, podría suceder un fenómeno similar en el lapso de 200 años. (Ing. Bertone, Revista Aeroespacio N° 561, Set-Oct 2004)

Acciones Recomendadas

- Monitoreo continuo con imágenes ópticas y de radar.
- Realizar trabajos de campo para estudios de dinámica, balance de masa y cuenca de los glaciares, con soporte de DEM.
- Colocación de estaciones meteorológicas automáticas en los principales glaciares para medir datos meteorológicos y gases de efecto invernadero.
- Confección de un inventario de glaciares actualizado con mediciones de campo con GPS.

Concluding Remarks

- Glaciers like Upsala, Onelli-Bolados and Frías-Dickson, which calve into proglacial lakes, have retreated in their terminus, specially during the last twenty years.
- In the case of Onelli Gl., it splitted up fom its old tributary Bolados Gl., leaving free of ice a larger area of Onelli Lake.
- Several slope glaciers, like Murallón Gl., show great damages in diverse sites.
- Some glaciers with areas under 2 km² have almost disappeared since the publication of the book *Inventario de Glaciares*, in 1960.
- In great composite-valley outlet glaciers (e.g. Viedma Gl.) an ice thickness decrease is noticed, as shown by a major uncovered area of nunataks and ridges.

- There are distinctive moraines in valley glaciers, showing a greater disintegration of higher sites in mountain ranges, due to erosive effect caused by exogenous agents .
- Glaciers at similar latitudes have very different behaviours denoting the influence not only of meteorological parameters (temperature, precipitation, wind), but also the type of glacier, terrain topography, slope and contribution of tributaries, in the case of composite-valley glaciers.
- Ablation areas are strongly damaged in many glaciers, with the presence of *seracs*, holes and crevasses.
- In several small glaciers, with almost no ablation areas, it can be seen that the accumulation zones have been reduced to isolated spots.
- Some of the glaciers whose terminus lie on land (e.g Spegazzini Gl.) haven't undergone major changes.
- The outstanding italian scientist Dr Smiraglia said that in one hundred years, it would be no ice in the Alps glaciers. In the Andes mountains, due to greater dimensions and volumes, a similar phenomenon should occur in two hundred years. (Ing. Bertone, Revista Aeroespacio N° 561, Sep-Oct 2004)

Recommended Activities

- Continuous monitoring with optical and radar images.
- Field tasks for dynamics, mass balance and basin studies with DEM support.
- Automatic meteorological stations emplacement on main glaciers to measure meteorological data and greenhouse effect gases.
- To take glacier inventory updated with field measurements using GPS.

Bibliografía

- **Bertone. Mario ; " Inventario de los Glaciares existentes en la vertiente Argentina entre los paralelos 47° 30' 51°S",** Publicación N°. 3, Instituto Nacional del Hielo Antártico, Ministerio de Educación y Justicia de la Nación, Argentina, 1960.
- **Bertone, Mario ; "Aspectos Glaciológicos de la Zona del Hielo Continental Patagónico",** Edición del Autor, Argentina, Septiembre de 1997.
- **Aniya, M., Skvarca, P. ; "Characteristics and variations of Upsala and Moreno Glaciers, southern Patagonia ",** Bulletin of Glacier Research 10 (**1992**), páginas 39-53.
- **Chinni,Guillermo; “Glaciares del Lago Argentino y El Chaltén”.**Zaguier & Urruty Publications.
- **Bertone,Mario; Gari,Jorge; Sedeño Alicia,et al.; “Estudio Multitemporal del Glaciar Upsala Utilizando Imágenes Satelitales con Sensores Pasivos”.** I Congreso de la Ciencia Cartográfica,Bs.As,2003.

Agradecimientos

- A la CONAE, por la provisión de imágenes satelitales.
- Al IGM, por la provisión de cartas imagen.
- Al SMN, por la provisión de información meteorológica.
- Al Lic. Luciano DELISE (DSR).
- Al Lic. Jorge KIMSA (DSR).
- Al Téc. Jorge Ávila (DSR).
- Al Ing. Alfredo CUELLO (DSR).
- Al Ing. Eduardo VICINI (DSR).

Fin