

“Curso Introducción a los Sensores Remoto y su aplicación en Geología”  
Universidad de Buenos Aires

# “Análisis multitemporal del glaciar Upsala con Imágenes Landsat

Carmen Cagliari  
Fabián Brea  
2011

## OBJETIVO DEL PROYECTO

Analizar el retroceso sufrido por el frente del glaciar Upsala en el periodo 1979 – 2005 a partir de imágenes satelitales multiespectrales.



Fotografías del glaciar Upsala tomadas en 1931 y 2005 desde su margen este, hacia el oeste. El retroceso origina la formación del lago Guillermo (a la derecha)

Características: Posición Geográfica Lago Argentino  
Lat. Long: 50° 01' S – 73° 19'  
Tipo Morfológico: De valle compuesto  
Comportamiento: En retroceso  
Superficie total aprox. (1986) 902 km<sup>2</sup>

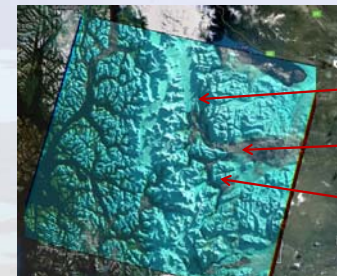
## METODOLOGIA DE TRABAJO

1. Selección y obtención de imágenes Landsat
2. Procesamiento digital de imágenes con el software Envi 4.7
3. Medición del retroceso del glaciar
4. Montaje de las imágenes en Arcgis
5. Conclusiones

### 1. Selección y obtención de imágenes Landsat

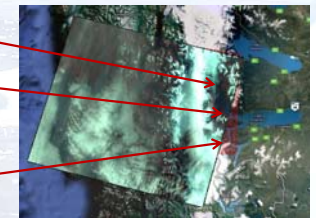
Fecha	Satélite Landsat	Sensor	Path Row	Observaciones	Fuente
08/03/1979	3	MSS	248-95		GLCF /USGS
17/06/1984	5	TM	231-95		USGS
14/10/2001	7	ETM	231-95	Surface reflectance	GLCF
05/07/2005	7	ETM	231-95	Surface reflectance	GLCF
2000	Space Shuttle	SRTM	231-95	Para uso del DEM	GLCF/USGS

GLCF: Global land cover facility  
USGS: US Geological Survey



231 – 95

Upsala  
Lago Argentino  
Perito Moreno



248 – 95

## 1. Selección y obtención de imágenes Landsat

The image shows two screenshots from the USGS Earth Explorer interface. The top screenshot displays search results for Landsat imagery, including a table with columns for Date, Path, Row, Product, and Status. The bottom screenshot shows a map view with a yellow rectangle indicating the search area over a glacier region.

Date	Path	Row	Product	Status
2013-09-14	179	10	SRGL	OK
2013-09-14	179	10	SRGL	OK
2013-09-14	179	10	SRGL	OK
2013-09-14	179	10	SRGL	OK
2013-09-14	179	10	SRGL	OK
2013-09-14	179	10	SRGL	OK
2013-09-14	179	10	SRGL	OK
2013-09-14	179	10	SRGL	OK
2013-09-14	179	10	SRGL	OK
2013-09-14	179	10	SRGL	OK

## 2. Procesamiento digital de las imágenes

Para cada imagen se realizo la siguiente secuencia:

- Bajada de todas las bandas
- Apertura de bandas con el Envi
- Layer Stacking
- Edición de Header
- Selección de área de interés
- Composición de imágenes con distintas bandas
- Cociente de bandas
- Mediciones de longitud y área del frente del glaciar

## 2. Procesamiento digital de las imágenes

Bajada de todas las bandas

The image shows two screenshots from ArcGIS. The top screenshot displays the 'Layer Stacking' dialog box, where multiple Landsat bands are being added to a single layer. The bottom screenshot shows the 'Verify Projection' dialog box, where the geographic projection parameters are being checked.

**Layer Stacking**

**Comprobación de la Proyección Geográfica y de sus parámetros**

## 2. Procesamiento digital de las imágenes

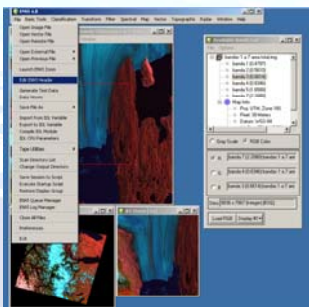
Layer Stacking

The image shows two screenshots from ArcGIS. The top screenshot displays the 'Layer Stacking' dialog box, where multiple Landsat bands are being added to a single layer. The bottom screenshot shows the final stacked image in the ArcGIS interface.

**Layer Stacking**

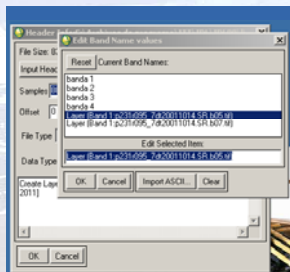


## 2. Procesamiento digital de las imágenes



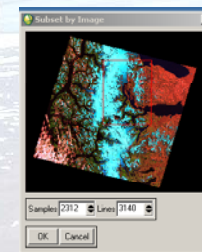
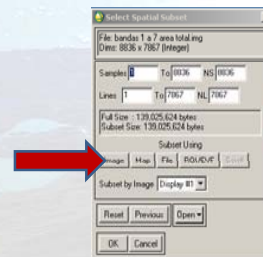
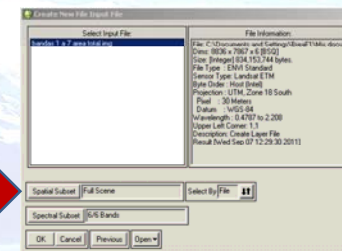
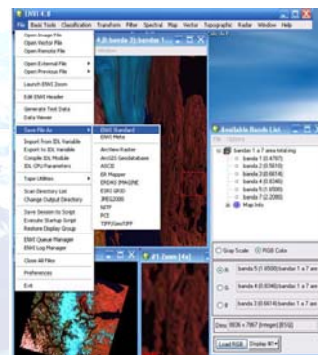
### Edición del Header

Renombramiento de las bandas y edición para colocar las longitudes de onda

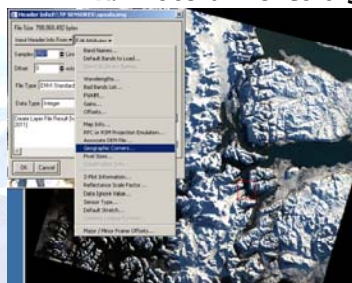


## 2. Procesamiento digital de las imágenes

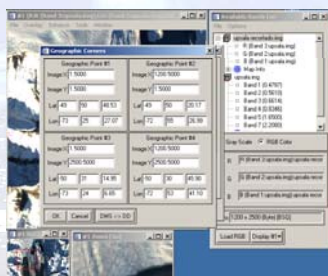
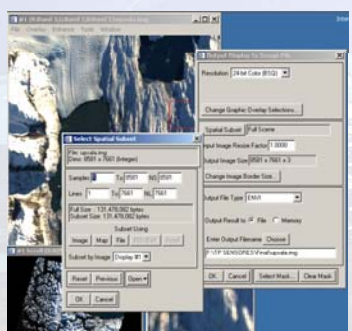
### Elección de la zona de interés



## 2. Procesamiento digital de las imágenes

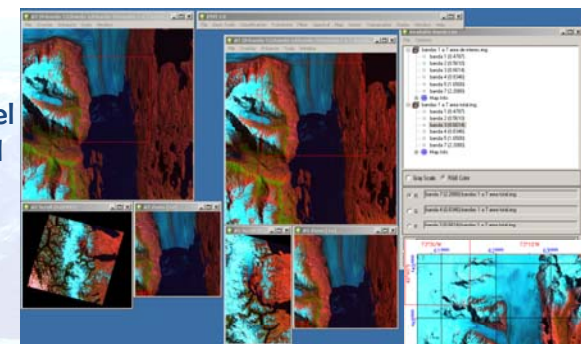


Determinación de las coordenadas de los esquineros en el mapa del área de interés



## 2. Procesamiento digital de las imágenes

Comparación del área total y del área de interés



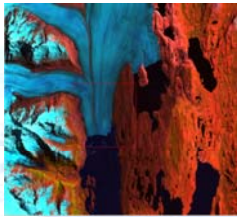
Área de trabajo

Área de interés

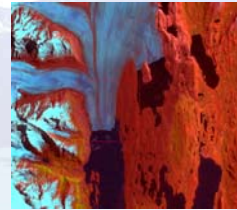
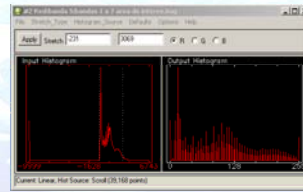


## 2. Procesamiento digital de las imágenes

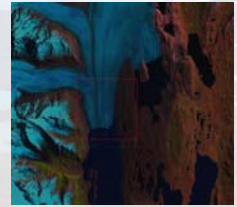
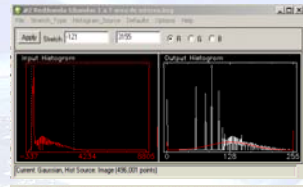
Realce de histograma Banda R: 5 G:4 B: 3



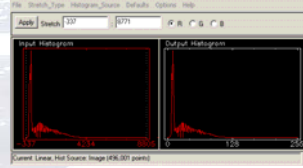
sin realce



Realce gaussiano

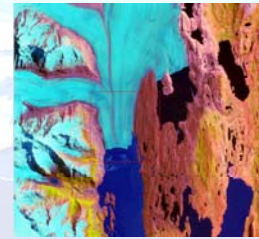


Realce lineal

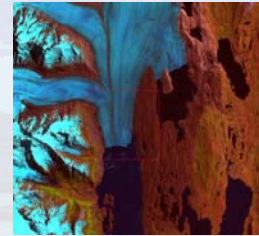
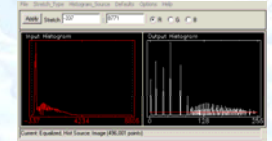


## 2. Procesamiento digital de las imágenes

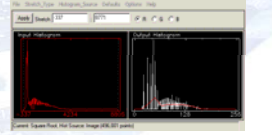
Realce de histograma Banda R: 5 G:4 B: 3



Realce ecualizado



Realce Square root



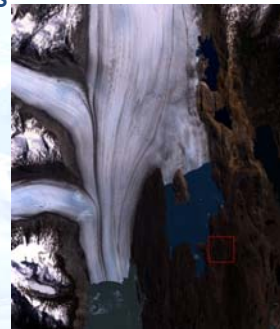
## 2. Procesamiento digital de las imágenes

Combinación de Bandas



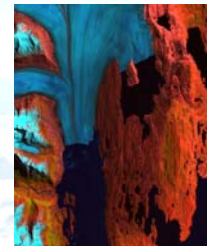
R: 3 G: 2 B: 1

R: 4 G: 3 B: 2



## 2. Procesamiento digital de las imágenes

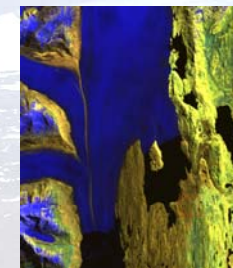
Combinación de Bandas



R: 5 G: 4 B: 3



R: 4 G: 5 B: 7  
El hielo se ve rojo



R: 7 G: 5 B: 4  
Esta combinación permite diferenciar la morena del hielo

Tanto el hielo y la nieve tienen altos valores de reflectancia en el rango visible (0.4-0.7  $\mu\text{m}$ ) en relación al infrarrojo cercano y medio (0.75-1.75  $\mu\text{m}$ ), de ahí que las combinaciones más apropiadas para el estudio de cubiertas de nieve y hielo son: 543- 741 - 742 - 754

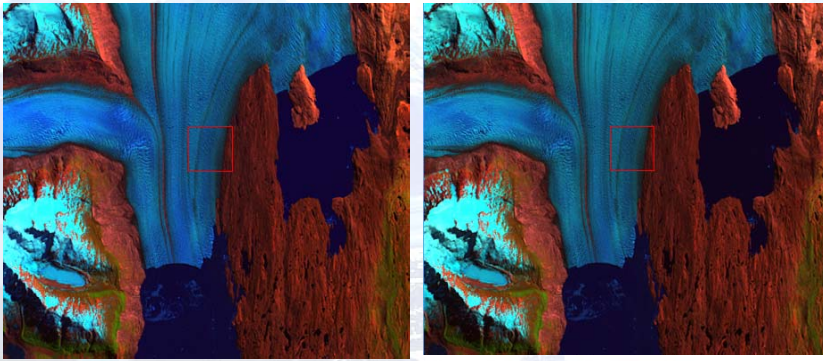


## 2. Procesamiento digital de las imágenes

### Combinación de Bandas

R: 7 G: 4 B: 1

R: 7 G: 4 B: 2



## 2. Procesamiento digital de las imágenes

### Cociente de Bandas



En numerosas publicaciones sobre estudios de glaciares se utilizan el cociente de banda 3/5 para diferenciar la cubierta de nieve y hielo del resto de las superficies

Cocientes de bandas b3/b5.

## 2. Procesamiento digital de las imágenes

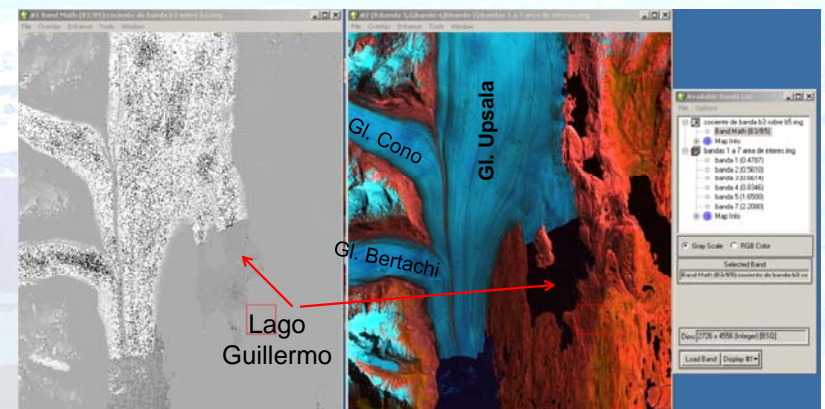
### Cociente de Bandas

Cocientes de bandas b3/b5.

Para realizar cocientes de bandas se debe realizar primero las correcciones atmosféricas correspondientes. En este caso se utilizaron imágenes del GLCF con las correcciones ya efectuadas (2001 y 2005 Surface reflectance)

## 2. Procesamiento digital de las imágenes

### Cociente de Bandas b3/b5



b3/b5 en escala de gris

R: 5 G:4 B: 3

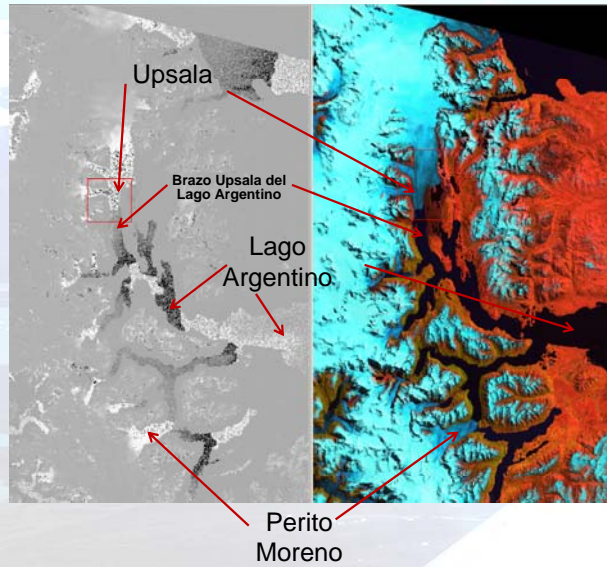
Se observa una buena definición del contorno del glaciar



## 2. Procesamiento digital de las imágenes

### Cociente de Bandas b3/b5

b3/b5 en escala de gris  
Nieve en escala de gris, el hielo en tonos blancos, lagos en tonos negros y grises



RGB 543  
Nieve / hielo en tonos celestes, lagos color negro

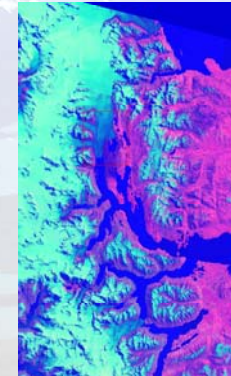
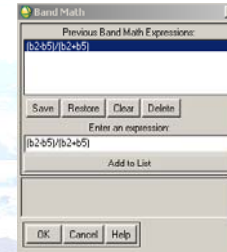
## 2. Procesamiento digital de las imágenes

### Indice NDSI

### Normalized Difference Snow Index

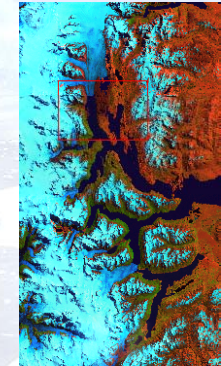
$$\text{NDSI} = (\text{TM}2 - \text{TM}5) / (\text{TM}2 + \text{TM}5)$$

Este índice es apropiado para diferenciar nieve



R:5 G:4 B: NDSI

R:5 G:4 B:3

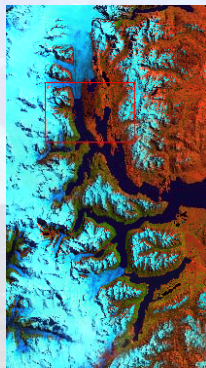


## 2. Procesamiento digital de las imágenes

### Indice NDSI

### Normalized Difference Snow Index

R:5 G:4 B:3

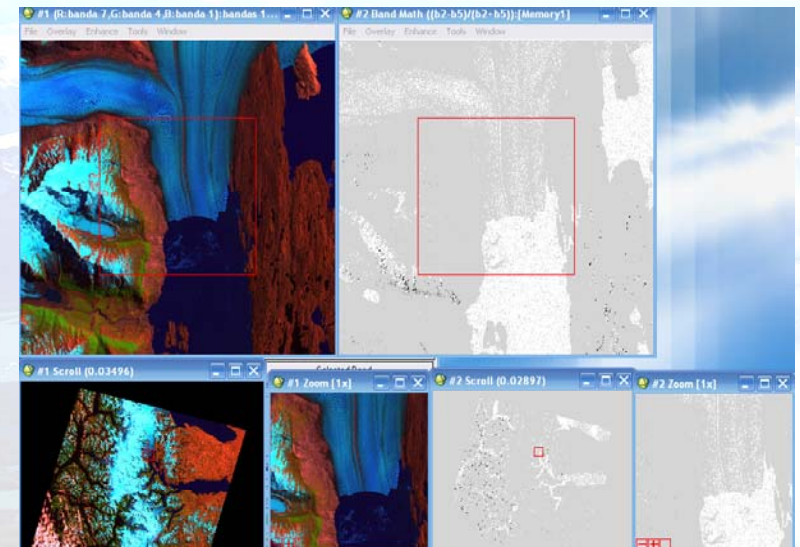


R:NDSI G:4 B:3



## 2. Procesamiento digital de las imágenes

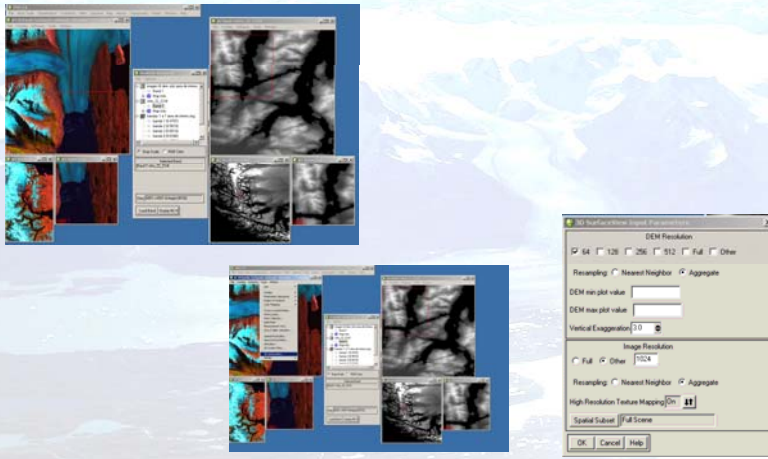
### Comparación 543 y NDSI en escala gris





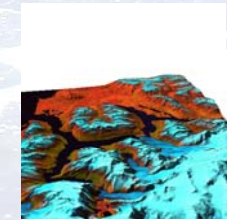
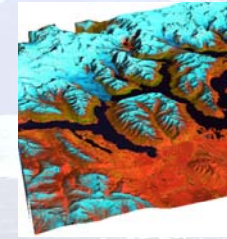
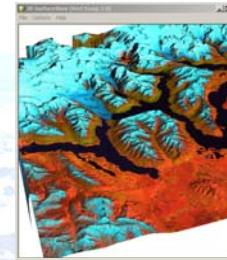
## 2. Procesamiento digital de las imágenes

### Modelo Digital de Elevación - DEM



## 2. Procesamiento digital de las imágenes

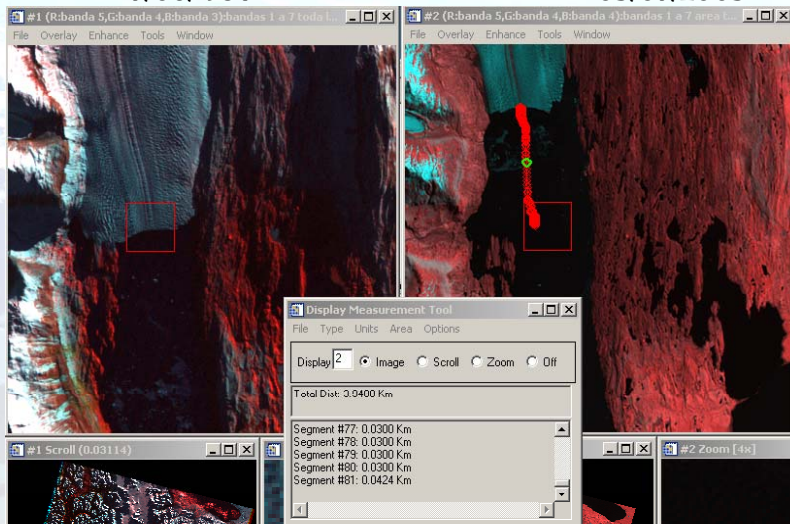
### Vistas del Modelo Digital de Elevación



## 3. Medición del retroceso del glaciar

17/06/1984

05/07/2005

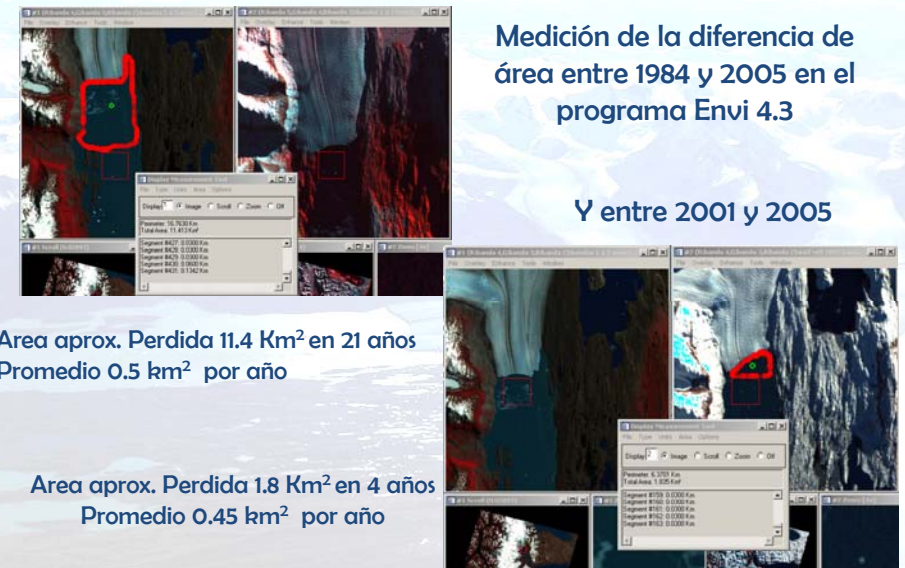


Retroceso lineal aprox. 3.9 Km. a un promedio de 0.2 Km por año

## 3. Medición del retroceso del glaciar

Medición de la diferencia de área entre 1984 y 2005 en el programa Envi 4.3

Y entre 2001 y 2005

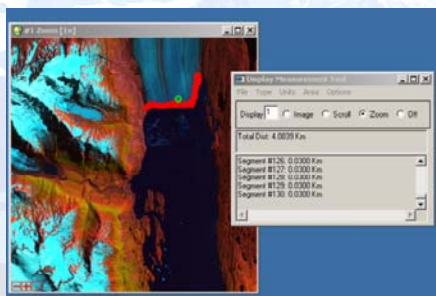


Area aprox. Perdida 11.4 Km<sup>2</sup> en 21 años  
Promedio 0.5 km<sup>2</sup> por año

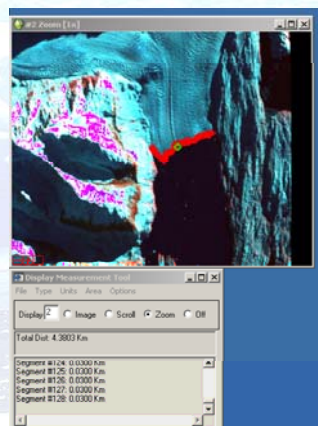
Area aprox. Perdida 1.8 Km<sup>2</sup> en 4 años  
Promedio 0.45 km<sup>2</sup> por año

### 3. Medición del frente del glaciar

#### Medición del frente del glaciar en el programa Envi 4.3

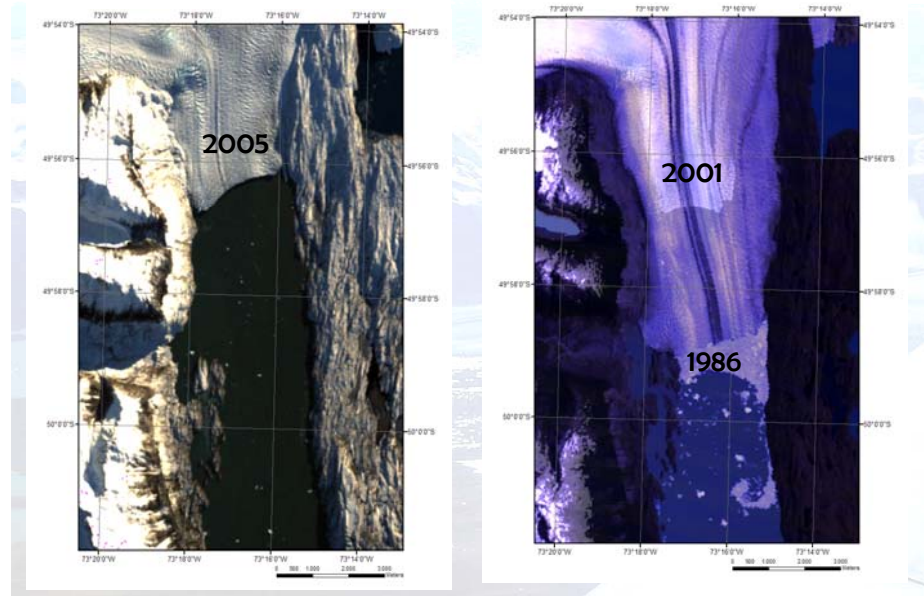


2001: 4.1 km



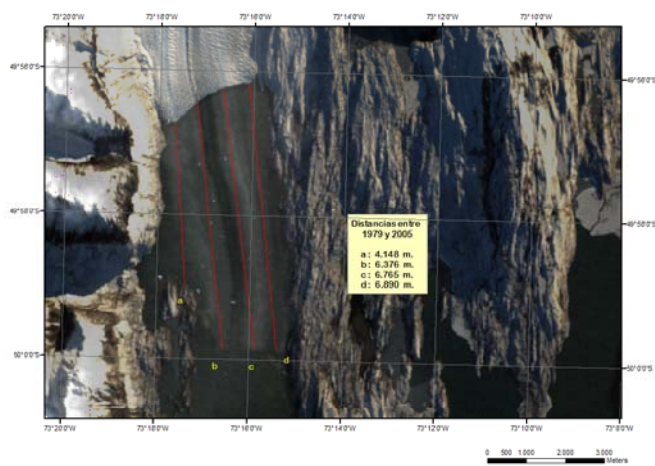
2005: 4.4 km

### 4. Montaje de las imágenes en Arcgis



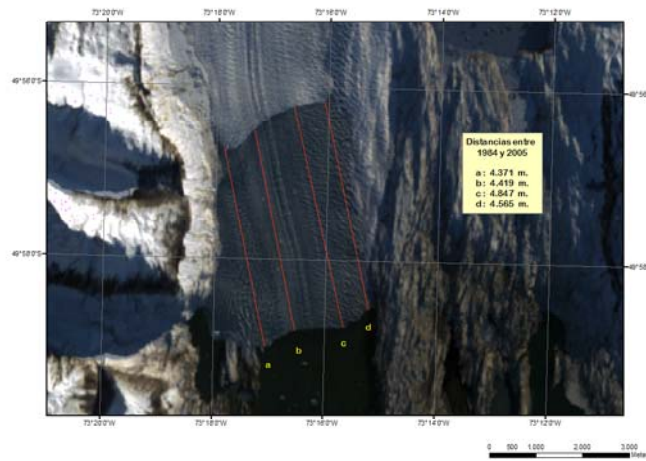
### 4. Montaje de las imágenes en Arcgis

#### Distancias del retroceso del Glaciar Upsala entre el 8 de marzo de 1979 y el 5 de julio de 2005



### 4. Montaje de las imágenes en Arcgis

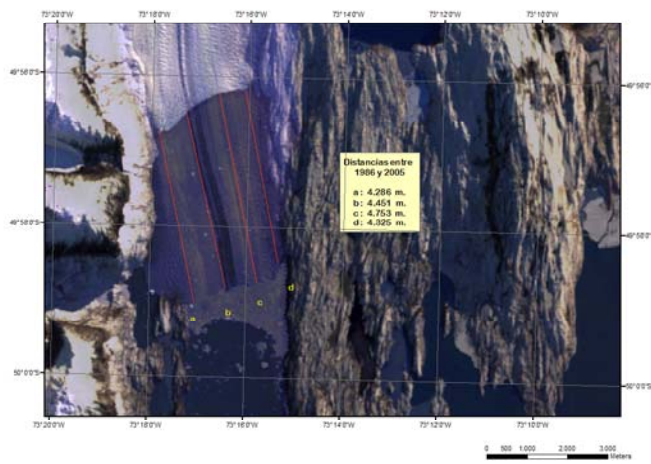
#### Distancias del retroceso del Glaciar Upsala entre el 17 de junio de 1984 y el 5 de julio de 2005





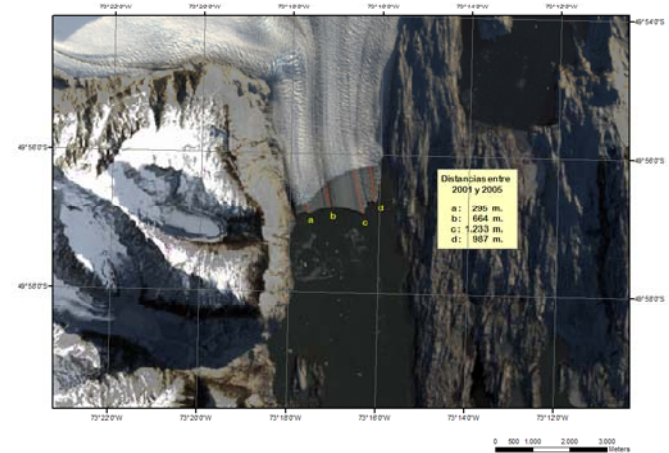
#### 4. Montaje de las imágenes en Arcgis

Distancias del retroceso del Glaciar Upsala entre el 14 enero de 1986 y el 5 de julio de 2005



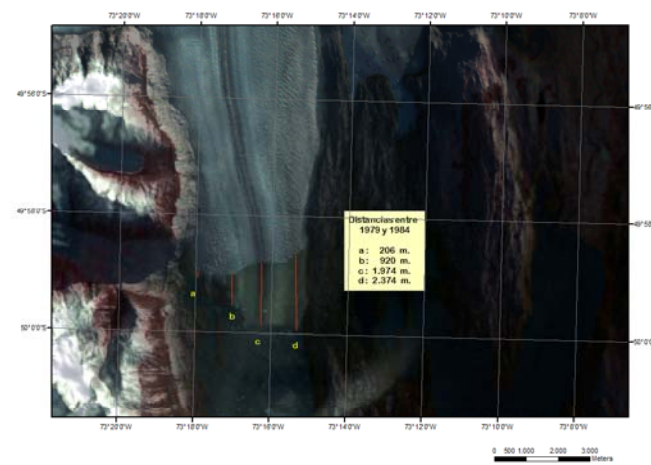
#### 4. Montaje de las imágenes en Arcgis

Distancias del retroceso del Glaciar Upsala entre el 14 octubre de 2001 y el 5 de julio de 2005



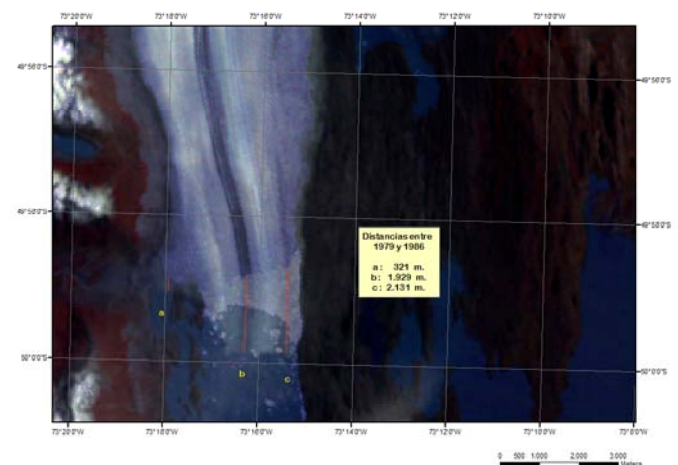
#### 4. Montaje de las imágenes en Arcgis

Distancias del retroceso del Glaciar Upsala entre el 8 de marzo de 1979 y el 17 de junio de 1984



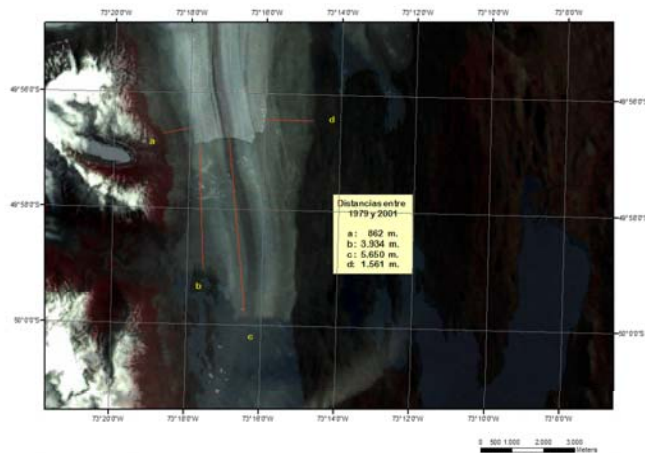
#### 4. Montaje de las imágenes en Arcgis

Distancias del retroceso del Glaciar Upsala entre el 8 de marzo de 1979 y el 14 de enero de 1986



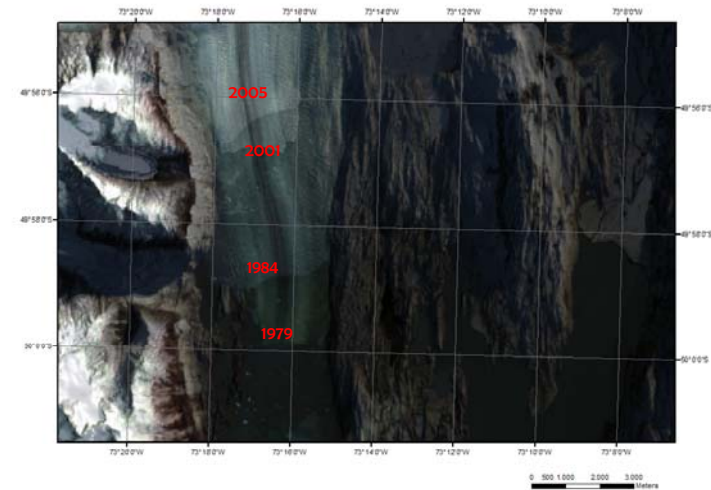
#### 4. Montaje de las imágenes en Arcgis

Distancias del retroceso del Glaciar Upsala entre el 8 de marzo de 1979 y el 14 de octubre de 2001



#### 4. Montaje de las imágenes en Arcgis

Evolución del retroceso en el brazo Upsala



#### 5. Conclusiones Proyecto

Cuadro comparativo del retroceso lineal aprox. con base a marzo de 1979 (Brazo Upsala)

Fecha de la imagen	Distancia de retroceso	Lapso entre mediciones	Promedio anual aproximado*
•17/06/1984	•1.97 km	•5 años	•0.39 km x año
•14/01/1986	•1.93 km	•7 años	•0.28 Km x año
•14/10/2001	•5.7 km	•22 años	•0.26 Km x año
•05/07/2005	•6.7 km	•26 años	•0.26 Km x año

Nota: Para una correcta evaluación se deberían utilizar imágenes tomadas en el verano (periodo de ablación), donde la nieve ya se ha derretido.

#### 5. Conclusiones Proyecto

- El uso de imágenes satelitales es una herramienta muy útil para el estudio y monitoreo de la evolución de los glaciares.
- Las bandas mas apropiadas para una buena diferenciación de contraste fueron: 543 -742 – 754.
- En este caso particular la aplicación de cocientes de bandas (b3/b5) y el índice NDSI no fue de gran utilidad ya que el glaciar estudiado tenia una buena definición de sus contornos.
- El uso de un DEM no fue de utilidad dado que las imágenes no correspondían al mismo año que el SRTM, generando topografías negativas y relieves artificiales.
- La medición de áreas y distancias se puede realizar con el programa Envi.
- Pero el uso del Arcgis es mas apropiado, ya que permitió superponer las distintas imágenes para medir y observar mejor el comportamiento del glaciar.