

Curso básico de Glaciología y de conocimiento del Parque Nacional Los Glaciares, Provincia de Santa Cruz

Gari, Jorge Marcelo ²; Ortone Lois, Ailin Sol ^{1,2}; Fernandez Andronaco, Daniel ²; Pilato, Guido Luis ²; Macote Yparraguirre, Erick Leonel ²

¹Centro de Sensores Remotos – Fuerza Aérea Argentina.
Belisario Roldán 4511, 1425 CABA
ailin.ortone@gmail.com

²Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Haedo.
Paris 532, 1706 Haedo, Buenos Aires
daniel.fer.and.88@gmail.com

RESUMEN

La Fundación *Conociendo Nuestra Casa* de Puerto Deseado (Provincia de Santa Cruz), declarada de Interés Provincial y Municipal por su labor de difusión y capacitación en las escuelas primarias de la región para que los alumnos conozcan y aprendan a respetar los recursos naturales de su provincia, decidió en 2014 incluir en su programa educativo a los glaciares del Campo de Hielo Continental Patagónico Sur (que se encuentran al Oeste de la provincia) y su retroceso a lo largo de los últimos años. Es así que el Dr. Marcos Oliva Day, entonces presidente de la Fundación y amigo personal de uno de los autores, requirió al Grupo de Investigación *Radar de Apertura Sintética* de la Facultad Regional Haedo la preparación de un curso básico sobre glaciología para ser dado a los alumnos de 4º Grado de las escuelas de Puerto Deseado y otras ciudades costeras con el objetivo de concientizar desde pequeños a los habitantes de dichas poblaciones.

Se buscó generar un contenido didáctico lo suficientemente sencillo como para ser comprendido por niños de 10 años de edad que incluyera tanto imágenes satelitales de la zona del campo de hielo como fotografías históricas y actuales de los diferentes glaciares, de forma que los alumnos pudieran adquirir conocimientos básicos tanto sobre las características principales de los mismos así como el retroceso de sus frentes debido a la modificación de las condiciones climáticas imperantes en la zona.

Se usaron geotecnologías para visualizar los glaciares y complementar el texto que comprende su definición, estructura, morfología, evolución, ubicación y aspectos ambientales e históricos asociados de forma que los alumnos puedan tomar contacto con ellos. Se recurrió a imágenes ópticas de los satélites Landsat 3/5/7/8 y Sentinel-2A, las cuales fueron georreferenciadas y se generaron recortes de los diferentes glaciares. Se obtuvieron composiciones en color natural y en falso color compuesto para el periodo 1981-2017 y se realizó un estudio multitemporal para resaltar el retroceso del Glaciar Upsala desde el año 1986 hasta la actualidad. Además se utilizaron mapas, fotografías históricas, esquemas explicativos e imágenes tomadas por los autores en diferentes estudios de campo realizados en el marco del grupo de investigación.

La Fundación atravesó en 2015 un mal momento debido al repentino fallecimiento de su presidente y el curso preparado no se pudo implementar, quedando pendiente la capacitación de los docentes para que pudieran retransmitir los conocimientos volcados en el mismo. Por este motivo se decidió actualizar el contenido al presente año y establecer contacto con una escuela del Gran Buenos Aires para impartirlo en la misma a modo de evaluación del resultado educativo.

Sin embargo, el curso fue confeccionado de forma flexible pudiendo ser actualizado y dictado no solo en las escuelas de Santa Cruz sino también en las de todo el país, debido a la enorme

importancia que representan los glaciares como recurso hídrico de la Nación y como indicador de las alteraciones producidas en el ecosistema local debido al cambio climático global.

PALABRAS CLAVE

Recursos naturales - Glaciares - Concientización - Imágenes satelitales - Estudio multitemporal

ABSTRACT

The *Conociendo Nuestra Casa* Foundation from Puerto Deseado (Province of Santa Cruz), declared of Provincial and Municipal Interest for its work on diffusion and training in the primary schools of the region so that the pupils can know and learn to respect their province's natural resources, decided in 2014 to include in its educational program the glaciers of the Southern Patagonian Ice Field (on the West of the province) and its retreat throughout the last years. Hence Dr. Marcos Oliva Day, Foundation's president at that time and personal friend of one of the authors, asked the Haedo Regional Faculty's *Synthetic Aperture Radar* Research Group the preparation of a basic course on glaciology to be provided to the 4th Grade pupils of the schools in Puerto Deseado and other coastal cities with the objective of raising the awareness from children of the inhabitants of those populations.

It was sought to generate a didactic content as to be understood by 10-year-old children that would include both satellite images of the ice field's area and historical and current photos of the different glaciers, so that the pupils could acquire basic knowledge on their main characteristics as well on the retreat of their fronts due to the modification of the prevailing climatic conditions in the area.

Geo-technologies were used to visualize the glaciers and to complement the text comprising their definition, structure, morphology, evolution, location and associated environmental and historical aspects so that the pupils can take contact with them. Optical images were brought from the Landsat 3/5/7/8 and Sentinel-2A satellites, which were geo-referenced and clippings were generated for the different glaciers. Compositions in true and false-colour were obtained for the period 1981-2017 and a multitemporal analysis was realized to highlight the Upsala Glacier's retreat from the year 1986 up to the actuality. Also there were used maps, historical photos, explanatory schemes and images taken by the authors in different field studies carried out in the frame of the research group.

The Foundation endured a bad moment in 2015 due to the sudden death of its president and the prepared course could not be implemented, also the teacher's training so that they could re-transmit the knowledge remained hanging. For this motive it was decided to update the content to the present year and to establish contact with a school of the Greater Buenos Aires to give it as an evaluation of the educational results.

However, the course was made flexible in order to be updatable and provided not only in the schools of Santa Cruz but also in those of the whole country, due to the enormous importance that the glaciers represent as national water resources and as an indicator of the alterations produced in the local ecosystem due to the global climate change.

KEYWORDS

Natural resources - Glaciers - Awareness raising - Satellite images - Multitemporal analysis

INTRODUCCIÓN

La glaciología y los aspectos relacionados con la zona del Campo de Hielo Continental Patagónico Sur (HCPS) y, en particular, del Parque Nacional Los Glaciares (PNLG) son temas lamentablemente poco discutidos en el ámbito escolar tanto de la Provincia de Santa Cruz como del Área Metropolitana de Buenos Aires. Es así que a partir del pedido realizado por el ex presidente de la Fundación *Conociendo Nuestra Casa*, surge el desarrollo del presente trabajo con el objetivo de acercar conocimientos básicos sobre los glaciares y concientizar al alumnado sobre la problemática del retroceso de los mismos.

Tras el repentino fallecimiento del Dr. Oliva Day se logra establecer contacto con una escuela del Gran Buenos Aires y se decide impartir el curso en la misma a modo de evaluación del resultado educativo. El contenido didáctico de la presentación es lo suficientemente sencillo como para ser comprendido por niños mayores a 10 años e incluye tanto imágenes satelitales de la zona del campo de hielo como fotografías históricas y actuales de los diferentes glaciares. Además se realiza una breve introducción a la teledetección explicando sus conceptos básicos y sus ventajas a la hora de estudiar zonas remotas.

Zona de estudio

El PNLG está ubicado en el sudoeste de la provincia de Santa Cruz como se ve en la Fig. 1. Contiene los glaciares del Lago Argentino y Lago Viedma y forma parte del Hielo Patagónico Sur (HPS), el cual cubre 13.000 km² desde los 48°20' de latitud S hasta los 51°30' de latitud S (Naruse y Aniya, 1997). Este se desarrolla a lo largo de la cordillera de Los Andes, con altitudes de 3400m y drena a través de glaciares temperados que pueden terminar en tierra, lagos proglaciares o fiordos.



Fig. 1 – Ubicación del Parque Nacional Los Glaciares¹

¹ “Estimación del Balance de Masas del Glaciar Upsala entre los años 1985 y 2016” - Gari y otros - 2016

El parque ha sido declarado Patrimonio Mundial por la UNESCO en 1981 y en él se encuentran dos de los tres glaciares más grandes de Sudamérica, el Viedma y el Upsala, y el particular Perito Moreno, famoso por sus espectaculares desprendimientos cíclicos. En las últimas décadas se ha verificado un fuerte retroceso de todos los glaciares, en especial el Upsala, que pasó de ser el más grande del país a ser el segundo detrás del Viedma.

MÉTODOS

Debido a la alta nubosidad de la zona, prácticamente constante a lo largo del año salvo en contados días durante el verano y el invierno, se buscaron imágenes ópticas de fines de la época estival, entre los meses de enero y abril. Se seleccionaron las siguientes imágenes Landsat y Sentinel (Fig. 2-3):

- L3 MSS de marzo de 1981
- L5 TM de enero de 1986
- L5 TM de marzo de 1997
- L5 TM de marzo de 1999
- L7 ETM+ de marzo de 2001
- L7 ETM+ de marzo de 2003
- L7 ETM+ de marzo de 2007
- L7 ETM+ de noviembre de 2009
- L7 ETM+ de febrero de 2011
- LC8 OLI de febrero del 2014
- LC8 OLI de febrero del 2017
- S2A MSI de abril del 2017

La imagen L3 fue escaneada de una copia física perteneciente al archivo del CSR. Las imágenes L5, L7 y LC8 se bajaron gratuitamente del sitio de la U.S. Geological Survey (USGS)² y la imagen S2A se bajó también en forma gratuita del sitio de la Agencia Espacial Europea (ESA)³. Se eligieron las imágenes con la menor cobertura de nieve posible para una mejor identificación de las áreas con glaciares.

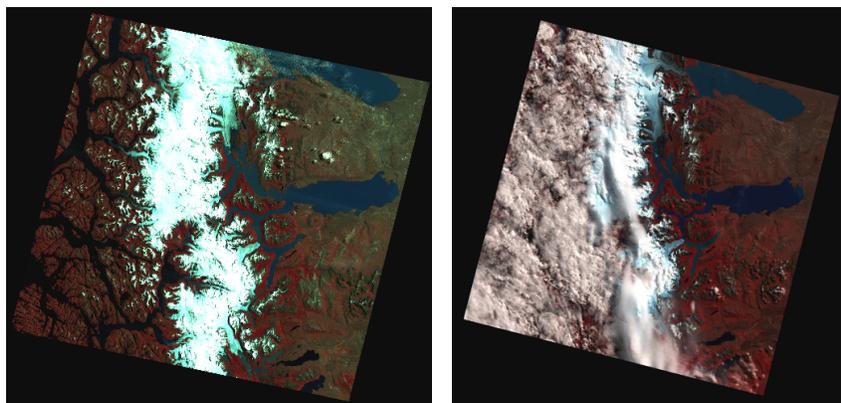


Fig. 2 - Imágenes Landsat 5 (TM) y Landsat 8 (OLI) de 1986 y 2014

² <http://glovis.usgs.gov/>

³ <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

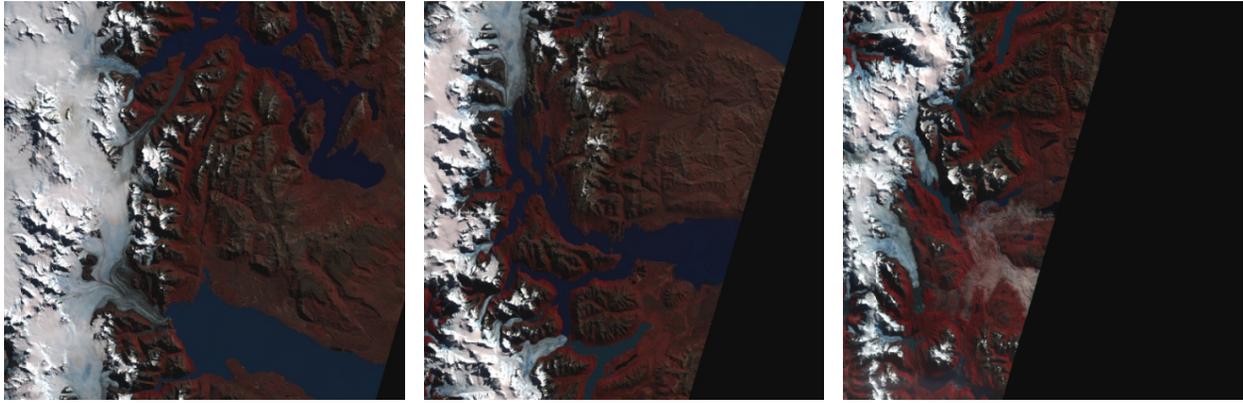


Fig. 3 - Imágenes Sentinel-2A (MSI) de 2017

Todas las imágenes Landsat fueron georreferenciadas respecto al sistema de proyección POSGAR 94 Zona 1 (WGS84) y las imágenes Sentinel se dejaron en su proyección original UTM Zona 18 S (WGS84). Se generaron mosaicos (Fig. 4) para los años 2007, 2011, 2014 y 2017 y se obtuvieron recortes que abarcaran el Parque Nacional para los años 2014 y 2017. Además se obtuvieron recortes específicos (Fig. 5) de los glaciares Viedma (2007 y 2017), Upsala (1981, 1986, 1997, 1999, 2001, 2003, 2007, 2009, 2011, 2014 y 2017), Onelli/Bolado/Agassiz (1986, 1997, 2001 y 2017) y Perito Moreno (2011 y 2017).

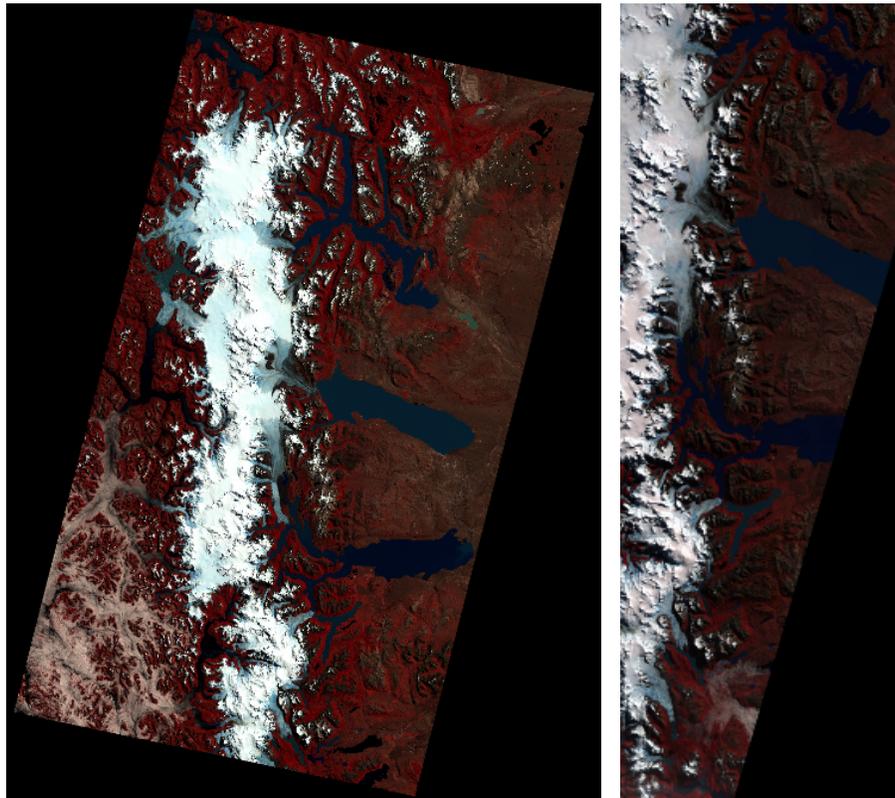


Fig. 4 - Mosaico L7 de 2011 (izq.) y S2A de 2017 (der.)

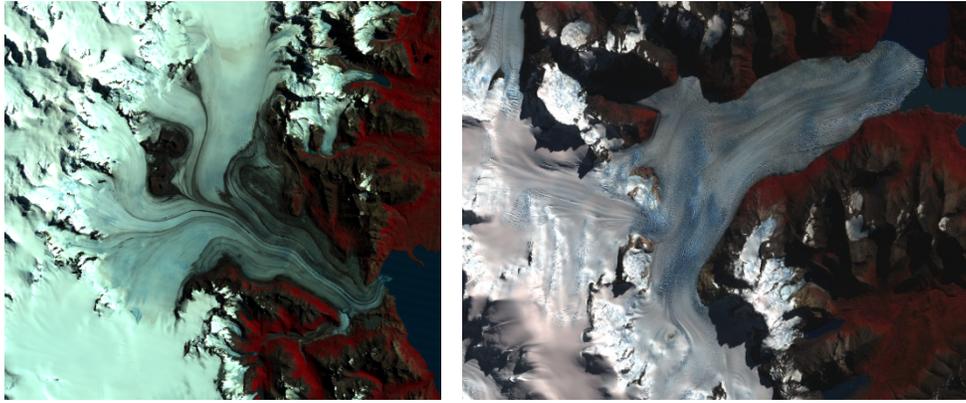


Fig. 5 - Recorte L7 del Glaciar Viedma (izq.) y S2A del Glaciar Perito Moreno (der.)

Para todos los casos se obtuvieron composiciones en Falso Color Compuesto Estándar con el objetivo de mejorar la visualización de las zonas cubiertas de vegetación. Para el periodo 1981-2017 se realizó un estudio multitemporal (Fig. 6) con el objetivo de resaltar el marcado retroceso del Glaciar Upsala a lo largo de los últimos años. Además se utilizaron mapas, fotografías históricas, esquemas explicativos extraídos de la bibliografía e imágenes tomadas por los autores en diferentes estudios de campo realizados en el marco del grupo de investigación.

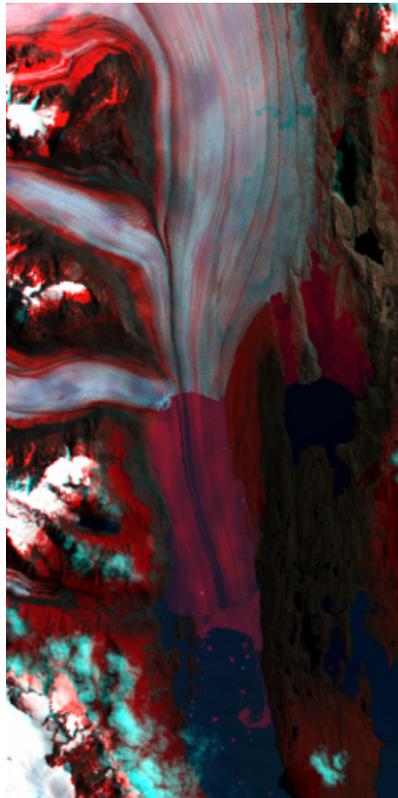


Fig. 6 - Composición multitemporal⁴ 1986-2017 para el Glaciar Upsala

⁴ Se utilizaron las bandas 5 (NIR) y 4 (R) del OLI (2017) en los canales rojo y verde, respectivamente, y la banda 2 (G) del TM (1986) en el canal azul

RESULTADOS

El curso fue preparado originalmente en 2014 y transferido posteriormente a la Fundación para su implementación en las escuelas de Puerto Deseado quedando pendiente la capacitación de los docentes para que pudieran retransmitir los conocimientos volcados en el mismo. El contenido estaba orientado a alumnos de 10 años de edad y se enfocaba en la difusión de las características del Parque Nacional y la concientización sobre los efectos del Cambio Climático en los glaciares, dado que la zona en cuestión tiene condiciones medioambientales muy diferentes a la del área en la que habitan.

Debido a los problemas en la Fundación ya mencionados se decidió buscar una alternativa para aprovechar el trabajo realizado y ampliar la difusión de la temática en otras escuelas. Para eso se actualizó el contenido al presente año y se tomó contacto con el Equipo Directivo del Instituto Luis Federico Leloir de la localidad de Castelar Sur, Provincia de Buenos Aires. A pedido del personal docente se adaptó el contenido para ser impartido a alumnos de 17 años como complemento al programa de la asignatura Geografía de nivel secundario.

El curso fue finalmente expuesto oralmente el día 9 de octubre con la presencia del personal docente ante los alumnos de 4º Año Turno Mañana utilizando la presentación digital (Fig. 7) que se adjunta al presente trabajo. Se comenzó con una introducción sobre el Grupo de Investigación y las tareas que realiza, se acompañó el contenido de las diapositivas (Fig. 8) con aclaraciones y observaciones fruto de la experiencia obtenida en los trabajos de campo y al final se les dio a los alumnos la oportunidad de hacer preguntas.

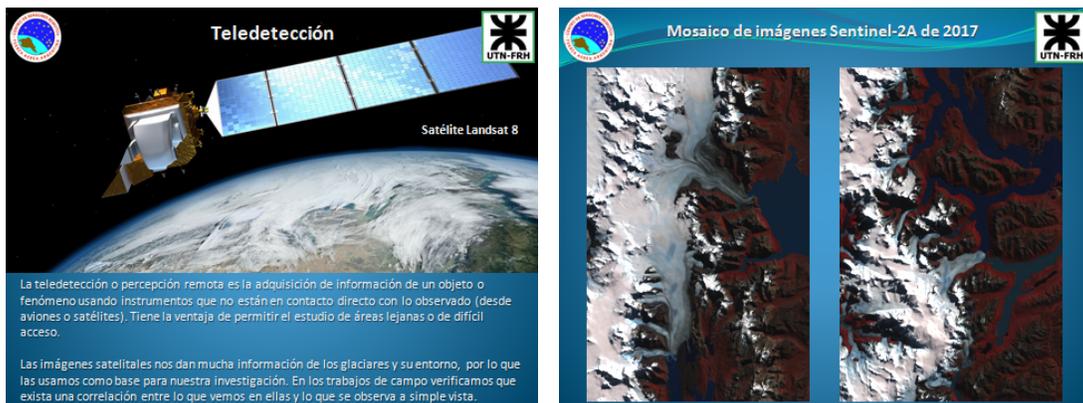


Fig. 7 - Algunas diapositivas de la presentación

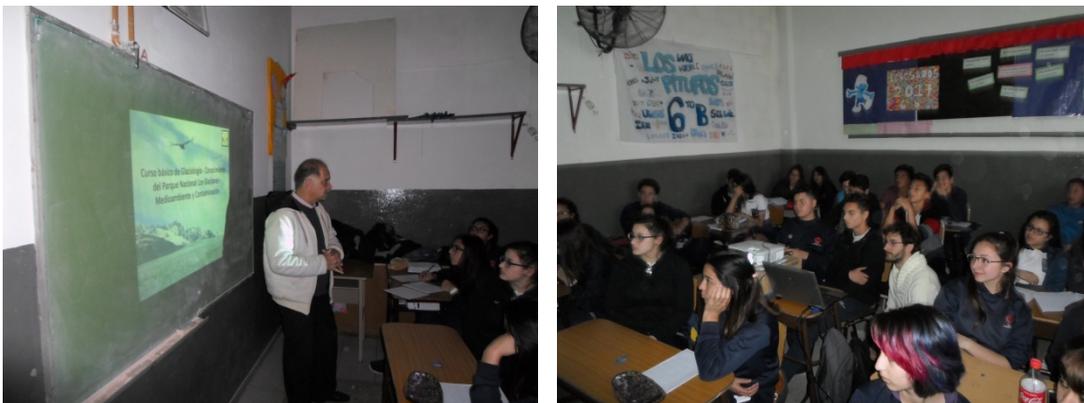


Fig. 8 - Exposición oral del curso

Además de la citada presentación oral, el Grupo recibió una invitación de la Sociedad Científica Argentina (SCA) para exponer esta temática en la 42° Feria Internacional del Libro de Buenos Aires, que tuvo lugar en el predio de La Rural durante los meses de abril y mayo de 2016. La temática de la jornada fue el Cambio Climático y se brindó una charla sobre la situación de los glaciares en el Panel sobre Medioambiente y Desarrollo junto con otros expositores de la SCA, de la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR), de la Academia Argentina del Ambiente, de la Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales (UCES) y del Ministerio de Agroindustria. La exposición oral se basó en la presentación original de 2014 pero fue adaptada al público en general y de todas las edades.

DISCUSIÓN

Luego de la primera presentación en un colegio se puede resaltar el gran interés de los alumnos, demostrado a través de las preguntas realizadas tanto sobre las dudas que surgieron durante la presentación como aquellas relacionadas con la temática del Cambio Climático, que forma parte de la asignatura Geografía. Se considera que la exposición aportó a la difusión de conocimientos sobre una zona que los alumnos no conocían y resulta importante tanto por su carácter estratégico de recurso hídrico nacional como por su gran interés turístico a nivel mundial. Se planea continuar con la exposición del curso, tanto en el mismo establecimiento educativo como en otros, para contribuir a la concientización y difundir el uso de la teledetección como herramienta válida para el estudio de zonas remotas o de difícil acceso y el monitoreo de los cambios que ocurren en las mismas.

Por otro lado, se pretende adaptar el contenido para llevar el curso a otros tipos de público, ya que la experiencia previa del Grupo lamentablemente muestra el poco conocimiento que existe sobre la temática tratada fuera del ámbito académico. Dentro de las posibilidades de expansión se cuenta con el interés mostrado por personal de la Casa de Guías de El Calafate (Provincia de Santa Cruz) sobre los trabajos de glaciología que el Grupo viene desarrollando, habiéndose propuesto la presentación de contenidos relacionados con el Parque Nacional ante grupos de guías de turísticos y de montaña que se desempeñan en la zona.

CONCLUSIONES

Educar ambientalmente no solo es una tarea de expertos en diferentes áreas de la naturaleza, sino que también es necesaria una estrecha colaboración entre científicos, gestores y la población a través de procesos participativos. Esto se logra mediante la estrecha cooperación de organismos públicos, espacios naturales protegidos, toda la sociedad civil organizada, empresas y consultorías ambientales, medios de comunicación especializados en medio ambiente, universidades, asociaciones de profesionales, etc. Se considera este trabajo como un pequeño aporte del Grupo a la divulgación de esta problemática ambiental, donde la teledetección es la principal herramienta para el monitoreo de los cambios ambientales locales y su relación con el Cambio Climático global.

El contenido de las charlas y el curso impartido se caracteriza por su gran flexibilidad, pudiendo ser actualizado y transmitido no solo en las escuelas de Santa Cruz como se pensó en un primer momento sino también en las de todo el país, debido a la enorme importancia que representan los glaciares como recurso hídrico y como indicador de las alteraciones producidas en el ecosistema local debido al Calentamiento Global. Este tipo de cursos y presentaciones en público muestran que es posible otra relación entre Ciencia y Sociedad, que tiene en cuenta el diálogo y contribuye a romper barreras y tender puentes entre el mundo de la conservación y la sociedad civil en general.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los que hicieron posible el desarrollo de éste trabajo en el ambiente de la pedagogía, y nos guiaron en ese camino para poder transferir de la mejor manera nuestros conocimientos a un público tan ameno, desafiante y crítico como lo son los niños y adolescentes. Del Instituto Luis Federico Leloir:

- Sra. Alejandra del Corti, Directora.
- Sr. Luis Salinas, Docente de Geografía.
- Sra. Ana María Gallego, Bibliotecaria.

De la Fundación Conociendo Nuestra Casa:

- Dr. Marcos Oliva Day, ex Presidente.
- Sra. María Laura Gaona de Oliva Day

REFERENCIAS

- “Estimación del balance de masas del Glaciar Upsala entre los años 1985 y 2016”. Autores: Gari, J., Ortone Lois, A., Fernandez Andronaco, D., Macote Yparraguirre, E., Cook, L., Pilato, G. y Sedeño, A. Simposio Internacional SELPER, Puerto Iguazú, 2016.
- “Recent Glacier variations in the Southern Patagonia Icefield, South America”. Autores: Aniya, M., Sato, H., Naruse, R., Skvarca, P. y Casassa, G. *Artic and Alpine Research*, Vol. 29, No. 1, pp. 1-12, 1997.
- “Aspectos Glaciológicos de la zona del Hielo Continental Patagónico”. Autor: Bertone, M. Edición del autor, Buenos Aires, 1997.
- “Glaciares del Lago Argentino y El Chaltén. Del Perito Moreno al Marconi”. Autor: Chinni, G. Zagier & Urruty Publications, Ushuaia, 2004.
- “Andes Patagónicos”. Autor: De Agostini, A. Edición del autor, Buenos Aires, 1945.
- “Manual de Glaciología”. Autores: Geoestudios Ltda. Apuntes de clases, Vol. 2, Santiago de Chile, 2008.
- “Inventario y estudio multitemporal de los glaciares del Hielo Continental Patagónico Sur”. Autores: Bertone, M., Gari, J., Sedeño, A., Tortolini, J., Sánchez, L., Gironelli, J., Hallak, Y. y Ortone, A. Seminario sobre Desarrollo Sustentable en Áreas Montañas de los Países Andinos, Mendoza, 2007.
- “Estudio preliminar de cambios de glaciares del Hielo Continental Patagónico”. Autores: Gari, J., Sedeño, A., Sánchez, L., Gironelli, J., Hallak, Y. y Ortone Lois, A. Cuarto Congreso de la Ciencia Cartográfica, Buenos Aires, 2008.
- “Estudio Multitemporal del Glaciar Upsala utilizando imágenes satelitales con sensores pasivos”. Autores: Bertone, M., Gari, J., Sedeño, A., Raed, M., Peredo, R. y Sánchez, L. Primer Congreso de la Ciencia Cartográfica, Buenos Aires, 2003.
- “Comunicación, Educación y Participación en la Evaluación de los EME”. Autores: Navacerrada, J., Piñeiro, C. y Benayas, J. Universidad Autónoma de Madrid, 2012.