

## UTILIZACIÓN DE IMÁGENES LANDSAT Y DE RADAR PARA EL ANÁLISIS DE LAS COSTAS DE LA ISLA MARAMBIO (SEYMOUR), ANTÁRTIDA ARGENTINA.

Sisti, Jorge (\*); Villamayor, Virginia; Deluchi, Marta; Romero, Cesar; Cabral, Arturo; Argerich, Analía; Savio, Marcelo; Murisengo, Walter.

(\*) Unidad de Investigación y Desarrollo Sistemas de Información Geográfica (UID SIG):  
Departamento Agrimensura, FI, UNLP, 47 y 116 (1900) La Plata. [Jsisti@ing.unlp.edu.ar](mailto:Jsisti@ing.unlp.edu.ar)

Palabras Claves: dinámica costera, Isla Marambio, SAR, interpretación, imágenes satelitales.

### INTRODUCCIÓN

En el marco del Anuncio de Oportunidad (AO) para el Desarrollo de Aplicaciones y Puesta a Punto de Metodologías Utilizando Imágenes SAR, banda L, Polarimétricas, realizado por Conae, se presentó este proyecto que se encuentra en ejecución.

El objetivo principal es la observación de las costas de isla Marambio (Seymour) en la secuencia invierno – verano, en los años 2000, 2011 y 2012 y la comparación de las mismas mediante el procesamiento e interpretación de imágenes SAR y ópticas.

La isla Marambio (Seymour) se ubica en la Cuenca de James Ross, al Este de la Península Antártica y al Oeste del Mar de Weddell, a unos 64° de Latitud Sur y los 56° de Longitud Oeste. Es la única isla del área que pierde la cubierta de hielo y nieve durante el verano. El clima es subpolar, con precipitaciones en su mayor porcentaje en forma de nieve, que en general supera los 200 mm anuales y temperaturas medias anuales próximas a los -10°C.

De acuerdo a los objetivos planteados y la metodología propuesta correspondiente al procesamiento e interpretación de datos satelitales de diferentes sensores, resulta fundamental contar con una amplia disponibilidad de material de diferentes fechas y tipos procurando identificar ventajas y limitaciones de cada sistema. A su vez la utilización de imágenes SAR para monitorear ambientes gélidos ofrece una herramienta que aporta información muy diferente a los satélites ópticos de empleo más ampliamente difundido, ya que operan en el rango de las microondas dentro del espectro electromagnético. (Chuvieco, E. (1996), Lillesand & Kieffer (1987).

Los procesos geomórficos actuales que modelan las costas de la isla Marambio (Seymour) son principalmente marino y fluvial dentro de un entorno periglacial, los cuales han actuado durante el Cuaternario (Malagnino et al, 1981; Nozal et al, 2007). La deflación, a su vez, aporta importantes volúmenes de materiales que son depositados en el mar. La isla se caracteriza por la presencia en superficie de detritos friables y un suelo congelado permanente, permafrost. Si bien no hay una cubierta glacial, durante el invierno el suelo posee una capa de nieve y se encuentra congelado.

Las costas de la isla están conformadas por acantilados que poseen en promedio una altura mayor a los 4 metros, en sectores están expuestos directamente a la acción del oleaje durante el verano y en forma más restringida se desarrollan playas constituidas por la mezcla de material grueso y fino. La amplitud de las mareas determina que el ancho de las mismas varíe entre pocos cm. a 3 o 4 metros

## CARACTERISTICAS DEL AREA, MATERIALES Y METODOS

El relieve de la isla Marambio ha sido caracterizado por distintos autores, Ermolin y De Angelis (2002) reconocen 6 unidades en función de los agentes de erosión: meseta, quebradas y valles, terrazas marinas, pendiente escarpada, paisaje de cuevas y lomas y hoyos. Las unidades geológicas aflorantes corresponden a rocas sedimentarias del Terciario y Cretácico.

La isla se emplaza dentro de la zona de permafrost continuo donde se registran procesos de descongelamiento estacional. La capa de suelo congelado tiene un espesor próximo a los 200 m, lo cual ejerce presión suficiente sobre la superficie como para infiltrarse en poros y fracturas preexistentes. Al comenzar el derretimiento de la misma en los meses de octubre y noviembre, el agua penetra profundizando la meteorización.

El agua producto del derretimiento del permafrost escurre superficialmente, activando los procesos de erosión fluvial. Se genera la profundización, casi de inmediato, de los cauces dado que el material sobre el que discurren está disgregado. En general estos chorrillos tienen un caudal de baja velocidad pero les permite transportar gran cantidad de sedimentos, que en la desembocadura de los mismos, ya sea en el Mar de Weddell o en la Cuenca de James Ross, lo depositan en las suaves pendientes de las playas que conforman.

La acción eólica se da en toda la superficie, no solo en las costas. Los vientos pueden llegar a ser huracanados. En general poseen velocidades altas, con gran transporte de material, actúan sobre los primeros centímetros del suelo, salvo en aquellos momentos de muy alta velocidad en que la altura que alcanza el material puede llegar a más de 1-2 metros de la superficie. La temperatura ambiente se ve afectada ampliamente por estos vientos provocando su descenso, como sucede en verano que alcanzando registros térmicos de 10°C, la sensación térmica es por debajo de los - 5°C.

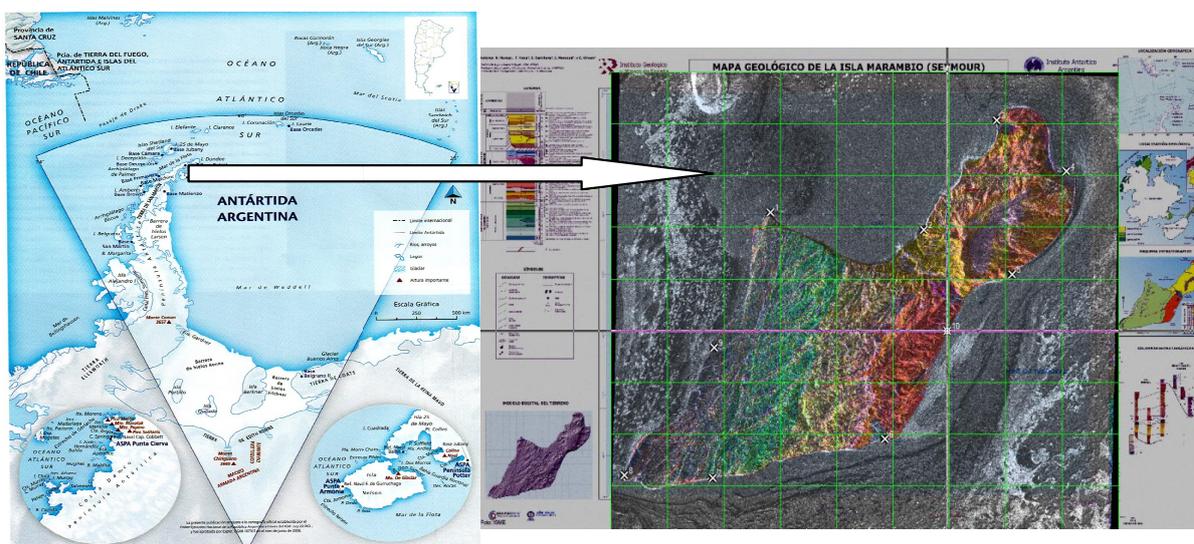


Figura 1. Ubicación del área (izq); Fusión de datos: en RGB (mapa Geológico) + *Intensity* (Alos PalSAR), superpuestos los puntos de control para georreferencia (der.).

En la etapa actual del proyecto se realizó la selección y adquisición de imágenes satelitales y mapa(s) de referencia sobre la Isla Marambio (Seymour). Se procesó dicho material, tarea que consistió en la corrección geométrica y georreferenciación, realces, extracción de línea

de costa (manual / automática), comparación y elaboración de hipótesis. Se analizó el/los sistemas de proyección cartográfica usuales para la elección del más adecuado, teniendo en cuenta las características de las imágenes, la particular posición geográfica y las condiciones extremas del terreno.

Se han analizado imágenes ópticas correspondientes al sensor ETM del sistema LANDSAT (2 escenas, una febr. 2000 y otra sin metadatos); 5 escenas de imágenes radar, SAR (radar de apertura sintética) correspondientes al satélite COSMO-SkyMed provistas por CONAE (tabla 1) y 1 escena Alos Palsar. Se ha utilizado el mapa geológico realizado en 2007 por el Instituto Geológico y Minero de España, y se efectuó la recopilación y selección de bibliografía del área.

Se efectuó el mapeo de la línea de costa y análisis expeditivo de cambios observados en distintas épocas del año y fechas.

<i>Modo</i>	<i>Polariz. / Toma de Vista</i>	<i>T. pixel recibido [m.]</i>	<i>Fecha</i>
Spotlight,	H H / der . desc.	0.5	12 set. 2011
Spotlight,	V V / der . desc.	0.5	14 ene. 2012
Himage,	H H / izq. asc.	2.5	09 set. 2011
Spotlight,	H H / der . desc.	0.5	11 ene. 2012
Himage,	H H / izq. asc.	2.5	08 ene. 2012

Tabla 1. Imágenes COSMO-SkyMed utilizadas

Para las escenas Cosmos, en función del alcance del ajuste posible y para facilitar la manipulación de los datos, se optó por homogenizar el tamaño del pixel en 2.5 m, por lo que las escenas en Modo Spotlight fueron remuestreadas.

Actividades desarrolladas: 1-Definición del Área de Trabajo con coordenadas geográficas; 2-Búsqueda de antecedentes cartográficos; 3-Selección de imágenes satelitales históricas, de radar y ópticas, en ciclos de invierno/verano; 4-Georreferenciación de las imágenes; 5-Realces con adecuación radiométrica y usos de diferentes filtros, interpretación para mapeo de costas y eventos observables. Los programas utilizados han sido principalmente: ERMapper, ENVI e Idrisi; se está comenzando a utilizar NEST; 6-Interpretación comparativa de 2 escenas Landsat TM; 5 imágenes SAR Cosmo polarizadas banda X; 1 imagen Alos PalSAR banda L; 7- Extracción de conclusiones; 8-Capacitación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo se encuentra en ejecución, no obstante, los primeros resultados obtenidos han sido: a) *Generales*: dificultad de obtener diversidad de escenas satelitales en latitudes extremas, Importancia de la disponibilidad de los metadatos de las imágenes, Correlación posible entre tratamiento digital para las imágenes ópticas, con los procesos que realizamos en otros ambientes geográficos, particularmente en la extracción de información por clasificación espectral. b) *Particulares*: diferente modo de analizar y procesar las escenas SAR con las ópticas como Landsat; dificultad en lograr ajustes buenos en los procesos de georreferenciación y corrección geométrica; buena posibilidad para obtención de líneas de costa utilizando el método “scattergram”; validez del método de superposición/ transparencia / merge de datos, para analizar los cambios, en imágenes ópticas; importancia en el origen de la iluminación y de la polarización en SAR.

Se definió la conveniencia de trabajar con proyección cartográfica Transversa Mercator Universal, zona 21 - Sur (SUTM21), aunque fueron consideradas inicialmente la

estereográfica polar (de uso para continente antártico) y Gauss Krüger (utilizada en Argentina – parte continente Americano).

Imágenes ilustrativas de los procesos realizados:



Imágenes Landsat ETM superpuestas.

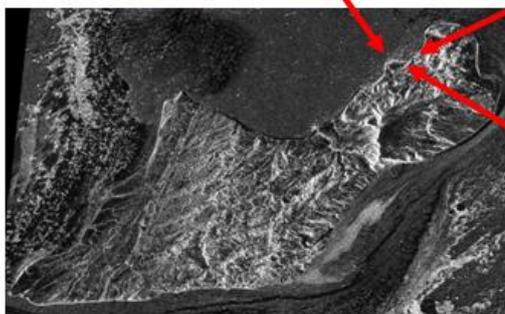
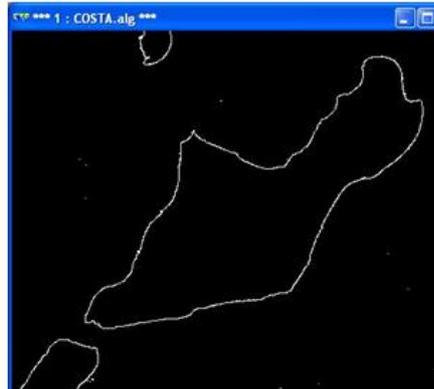


Scatterarama realzando isla.

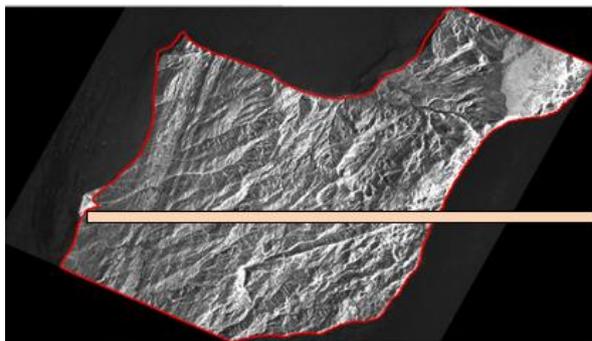
Scatterarama realzando agua.



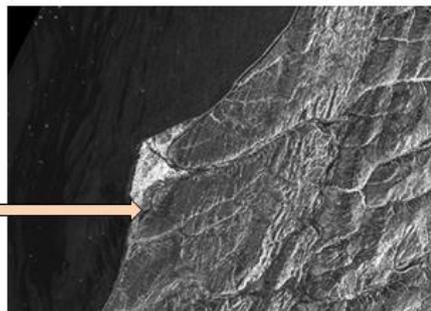
Vector de costa de la Isla Marambio.



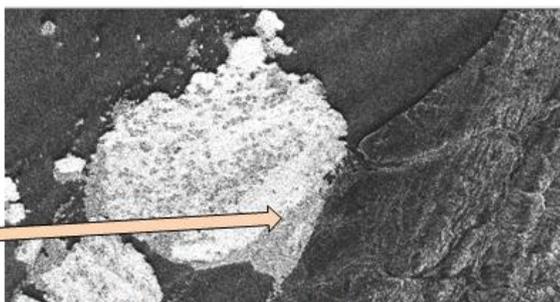
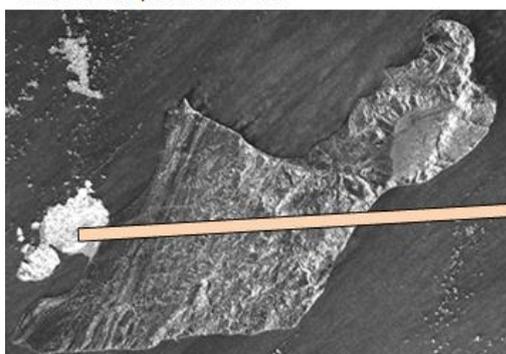
En las imágenes se observa: en la superior, un chorillo que ha dejado su impresión erosiva, al profundizar su lecho. Abajo a la izquierda: la playa, con los témpanos y el acantilado que la limita en su espalda. A la derecha: el chorillo en su desembocadura. La margen izquierda del mismo presenta el depósito de material fino, mientras que la margen derecha presenta depósitos de mezcla. La margen izquierda queda al abrigo de un pequeño acantilado, mientras que la derecha queda expuesta.



Delimitación de línea de costa. Característica particular un elevado contraste tonal sobre la costa, hacia el suroeste. Corresponde a sedimentos aportados por uno de los valles principales, conformando un delta. Este rasgo tan marcado, no evidenciado de igual manera en las otras imágenes podría obedecer a la polarización VV.

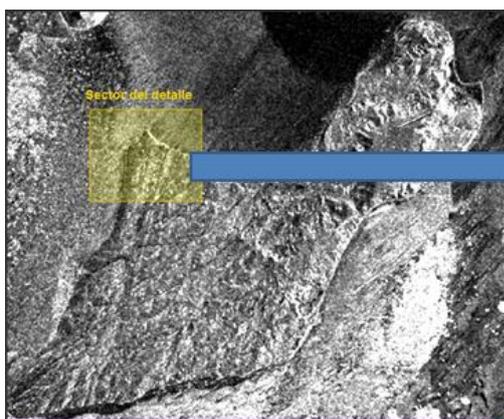


En el mar: bandas de tono negro en parte dispuestas paralelas a la costa y hacia el sur en forma oblicua a la costa y de menor longitud. Correspondería a hielo aceitoso y/esponjoso con tonos oscuros "alisan" la superficie del agua. Conforman una capa de hielo aguado en fase de formación, el agua que lo circunda tiene tonos claros dado por el oleaje. Se observan puntos brillantes que corresponden a trozos de hielo.

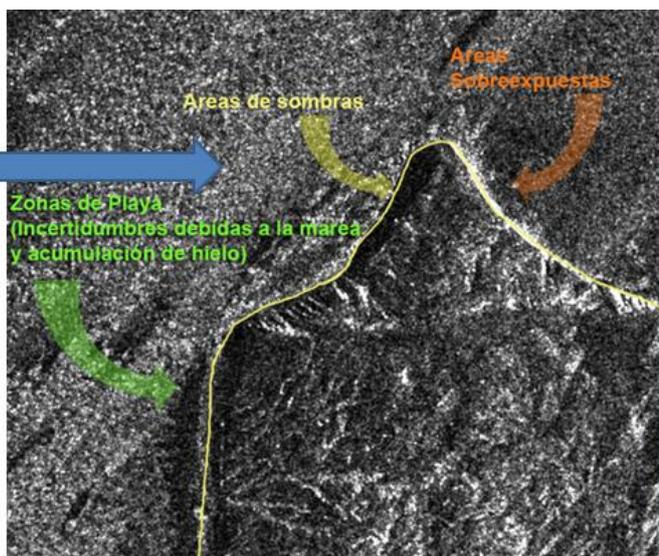


Se observa en contacto con la costa, una superficie de tono casi blanco, muy contrastante con su entorno. Correspondería a hielo de primer año, medio a grueso (ESA). La superficie de estos grandes témpanos es rugosa, se puede ver el desprendimiento de hielo en tonos brillantes también y con distintas superficies.

Detalle sobre sectores de costa particulares:



Vector interpretado sobre imagen SAR.  
Dificultades de interpretación. →



## CONCLUSIONES

Los ajustes geométricos de las imágenes pueden considerarse de unos 50 m o eventualmente algo menores. Debe ser considerado muy especialmente que la definición de puntos de control en el proceso de corrección geométrica se ve afectada notoriamente por

las peculiaridades del paisaje y particularidades de clima, mareas, ángulo de tomas de vista que afecta la calidad del ajuste.

La comparación de las líneas de costa obtenidas mediante superposición, permitió identificar sectores de coincidencia y de apartamiento de la línea de costa. Los sectores de apartamiento son del orden de 50 m. Esta diferencia se debe en parte: a) altura de la marea, que deja al descubierto playas o material acarreado por los chorrillos y están iniciando la formación de deltas; b) Indefinición de la costa por el modo de iluminación y la geometría de la escena SAR, sumado a la presencia de hielos acumulados en la costa y/o patrones de ondas que replican la forma de la costa sobre la superficie marina.

La fusión de datos a través de la integración de imágenes ópticas (landsat) y radar, permitió obtener productos híbridos que facilitaron el análisis visual.

Importancia en el origen de la iluminación y de la polarización en SAR, utilizados para determinar líneas de costa, ya que es muy sensible a la orientación de las pendientes, los desniveles topográficos y las ondas marinas.

Decisiva importancia para definición sobre las imágenes de la línea de costa, la altura de la marea (que hace variar la emergencia de playas y deltas) y la estación del año (sobre todo por la presencia de hielos flotantes).

Se encontró dificultad en la obtención de imágenes en zonas extremas del globo terráqueo con la consecuente poca variedad de fechas y rango de años para analizar, lo que no se correlaciona con la expectativa inicial de análisis cuando se formuló el proyecto.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Lillesand ,T. M. y Kiefer, R. W. (1987) Remote Sensing and Image Interpretation. Cuarta Edición, New York, John Wiley and Sons

Chuvieco, E., 1996, Fundamentos de Teledetección Espacial. Edit. Rialp, Madrid. España.

Ermolin, E. y De Angelis, H. 2002. Procesos exógenos en el permafrost de la Isla Marambio (Seymour), Península Antártica. Actas XV Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires. T. II: 463-469 pp.

Malagnino, E.C., Olivero, E., Rinaldi, C. y Spikermann, J., 1981. Aspectos geomorfológicos de la isla vicecomodoro Marambio, Antártida. VIII Congreso Geológico Argentino, San Luis, Actas 2:883-896.

Nozal, F., Montes, M., Santillan, S. y Martín Serrano, A., 2007, VI Simposio Argentino y III Lationamericano sobre investigaciones Antárticas, Buenos Aires.