

APLICACIONES DE IMÁGENES DE RADAR, EN LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGOS NATURALES

por:
Patricio Lamperein Polo

Recibido el 05 de abril de 2004
Aprobado el 01 de junio de 2004

APLICACIONES DE IMÁGENES DE RADAR, EN LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGOS NATURALES

Patricio Lamperein Polo
Consultor SIG y Percepción Remota
Ingeniería y Computación S.A.
e-mail: plamperein@incom.cl

RESUMEN

El presente artículo pretende mostrar la aplicación de las imágenes de RADAR, provenientes específicamente del satélite canadiense *RADARSAT* ya que a su particular característica de poder obtener imágenes en distintos modos de haz, tiene la capacidad de obtener varios tipos de imágenes que pueden ser utilizados de forma conjunta permitiendo la elaboración tanto de productos visuales (mapas de cambios) como productos digitales cuantificables o paramétricos, como podrían ser las clasificaciones digitales. Las imágenes de RADAR han demostrado a lo largo de su historia una infinidad de aplicaciones que van desde la generación de cartografía gracias a las técnicas de interferometría y radargrametría, detección de objetivos, contaminación y estudio de diferenciación de hielos entre otras. En un futuro cercano, mediante la capacidad de obtener datos de distinta polaridad será posible componer imágenes "color" e investigar su uso en otros ámbitos de investigación. El RADAR se ha constituido en la solución en muchas situaciones en donde es la única alternativa de obtención de datos del terreno, sobre todo, cuando la superficie de la tierra se encuentra bajo condiciones climáticas adversas. Es así como el presente trabajo tiene por objetivo mostrar algunas aplicaciones en el ámbito de la mitigación de riesgos naturales.

ABSTRACT

This article presents the application of radar images, specifically the ones from the Canadian Satellite, *RADARSAT* I. Thanks to the capability of obtaining images in different beam modes, it has the capacity to get several types of images that can be combined for building visual products (change detection maps) as well as parametric digital products, such as a digital classification. Through the history, the RADAR images have demonstrated an infinity of applications, like the production of digital cartography with interferometric and radargrametric technics, detection of objectives, pollution analysis, differentiation of ices, etc. In a near future, the capacity of obtaining data in different polarities will make possible the composition of "colour" images, and research on the use of RADAR in other fields of applications. The RADAR has become "the solution" in several situations where it is the only one option for obtaining information about the land, specially, when the earth surface is under adverse weather conditions. For the reasons previously exposed, this work has the objective of presenting some applications of RADAR in the field of mitigation for natural risks.

Palabras clave: *Radar, Radarsat, riesgos naturales.*

INTRODUCCIÓN

Sin duda, el monitoreo de fenómenos atmosféricos, terrestres y marinos, entre otros; han sido siempre una preocupación para innumerables investigadores y profesionales de distintos ámbitos y disciplinas. Esta preocupación se ha ido materializando con los distintos avances y descubrimientos tecnológicos que han permitido observar y evaluar daños materiales en viviendas y ciudades, cultivos y siembras, daños ecológicos por contaminación de aguas y suelos, lluvia ácida, etc.

Fenómenos naturales tales como terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, tsunamis, etc y fenómenos artificiales como incendios forestales, derrames de petróleo en el mar, guerras, y otros, que azotan constantemente la superficie del planeta, motivan a estos investigadores a utilizar distintas herramientas, y también diseñar nuevas, que permitan saber más y tratar de predecir y controlar algunas de estas catástrofes, con el fin de salvar vidas y minimizar daños.

Es así como el satélite canadiense de observación de la tierra *RADARSAT-1* se encuentra disponible desde 1995 para la comunidad científica e investigadores de variadas disciplinas. Se puede decir que *RADARSAT* es el primer satélite canadiense de observación de la tierra, y el primero en el mundo de sensor de radar orientado operacionalmente, pues está proporcionando información muy valiosa para ser usada en el monitoreo del medioambiente y de los recursos naturales.

RADARSAT ha demostrado durante estos 4 años de operación el uso práctico en el levantamiento de información de sectores que constantemente se encuentran bajo las nubes. Además se ha utilizado intensamente en el monitoreo y cuantificación de desastres naturales y artificiales, como la inundación de sectores por el desborde de ríos, ubicación de buques en el mar, detección y control de manchas de petróleo, monitoreo del desplazamiento de cuerpos de hielo, para navegación marítima en el ártico y antártica, en la detección de movimientos de las placas continentales, entre otras aplicaciones de monitoreo de emergencias y la obtención de información para la prevención de desastres.

ANTECEDENTES

Lo fundamental de RADAR

RADAR (*Radio Detection And Ranging*) se diferencia de los sensores ópticos especialmente

en el tipo de datos que adquiere, y como éstos son adquiridos. Si recordamos, los sistemas ópticos multiespectrales o pancromáticos son referidos como sistemas pasivos, en que utilizan la luz solar reflejada por la tierra para la formación de imágenes de la superficie. Como los datos son adquiridos en frecuencias más o menos equivalentes al ojo humano, los sensores ópticos son incapaces de obtener datos en la oscuridad o cuando existen condiciones climáticas adversas, tales como nubes, neblina, polvo, granizo, etc.

Por otro lado, los sensores RADAR proveen su propia fuente de energía y operan independientemente de las condiciones de iluminación solar.

Esta capacidad ofrece al usuario significativas ventajas cuando se trata de ver bajo condiciones extremas que impiden las observaciones hechas por aviones o satélites ópticos.

Los sensores remotos de tipo RADAR pueden obtener información sobre la superficie de la tierra, relacionada especialmente con las características de rugosidad y textura de la superficie, la topografía y las condiciones de humedad del suelo.

Un sistema de RADAR posee tres funciones primarias, la transmisión de las señales de microondas (radio) con dirección a una escena, la recepción de una parte de energía retrodispersada desde la escena y la fuerza de observación (detección), y el tiempo de demora (ranging) del retorno de la señal. (ver figura 1).

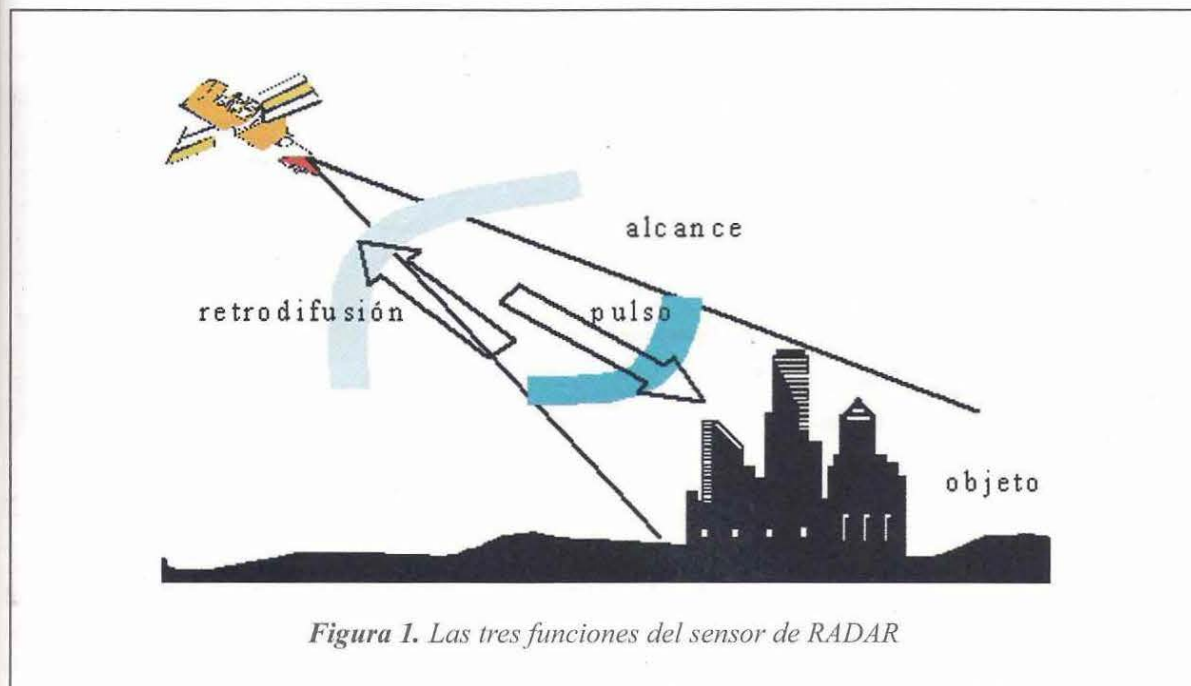


Figura 1. Las tres funciones del sensor de RADAR

El sensor RADAR que actualmente se encuentra a bordo de *RADARSAT-1* utiliza el sistema SAR (Radar de Apertura Sintética), el cual es capaz de enviar sus propias señales de microondas a la tierra y procesarlas cuando estas llegan de vuelta al sensor. De esta manera, al ser un sensor activo, éste trabaja en longitudes de onda larga (mm, cms, mt), lo cual permite la penetración atmosférica bajo cualquier condición de inestabilidad, permitiendo la colección de datos de la superficie terrestre.

Satélite RADARSAT-1

El satélite *RADARSAT-1* fue lanzado el 4 de noviembre de 1995 y fue el resultado del esfuerzo de un consorcio compuesto por el Gobierno Canadiense, la industria privada y la *NASA*. Al ser el primer Satélite Canadiense de observación de la tierra, y el primero en el mundo de sensor de radar orientado operativamente, *RADARSAT* está proporcionando información muy valiosa para ser usada en el monitoreo del medioambiente y de los recursos naturales.

El satélite es de órbita polar, con un ángulo de inclinación de $98^{\circ}.6$, orbita a una altura de 798 km con geometría circular, heliosincrónica, con un ciclo de repetición de 24 días.

El satélite posee una antena *SAR* con ángulos de incidencia (ángulos de visada) regulables, permitiendo la obtención de más de 20 productos diferentes, cada uno con distinta resolución espacial (8 mt – 100 mt) y cobertura de terreno la que va desde 50 km x 50 km hasta 500 km x 500 km respectivamente (ver figura 2).

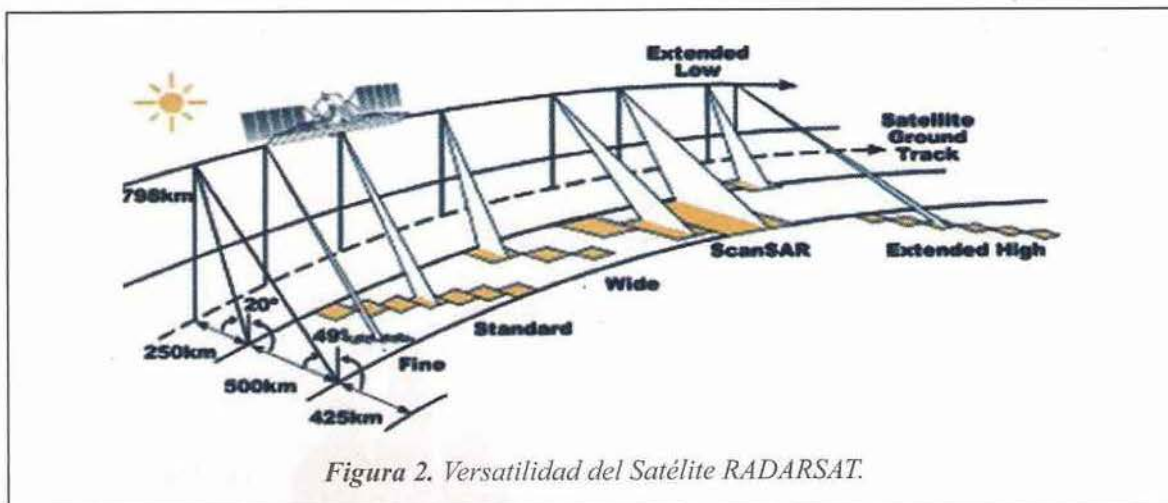


Figura 2. Versatilidad del Satélite RADARSAT.

La antena SAR trabaja en la frecuencia o banda C (5.3 Ghz) que se encuentra dentro de las longitudes de onda larga de los 5.6 cm, con una polarización horizontal (HH horizontal en transmisión y horizontal en recepción). Esta longitud de onda asegura la observación óptima de cualquier fenómeno o elemento sobre la superficie de la tierra, bajo cualquier condición atmosférica.

APLICACIONES

Detección de cambios

Por medio de la detección de cambios es posible conocer el estado de algún fenómeno visualizándolo en dos épocas diferentes. En la práctica, el fenómeno en cuestión podría ser por ejemplo, el desborde de algún curso de agua, y como consecuencia de ello, la inundación de los sectores aledaños. Con la toma de una imagen del río en su curso normal, más otra en el momento de la máxima crecida, se podrá conocer la magnitud del evento, con el solo hecho de conocer las diferencias entre las dos imágenes. Dimensionando el fenómeno, más el complemento de antecedentes del sector como uso del suelo, se pueden generar reportes de daños, clasificados por tipo de uso del suelo.

En la figura N° 3 se aprecia una porción de una imagen RADARSAT en modo fino 1, del 25 de julio 1997, y otra en modo fino 4, del 19 de abril de 1998. Las imágenes corresponden a un sector de la comuna de La Florida, en la ciudad de Santiago de Chile. Esta comuna, en los últimos años ha experimentado un aumento considerable en la construcción de viviendas, donde el cambio de uso del suelo a sido muy notorio. En la imagen se observa un vector de cambio entre la imagen del año 1997 y 1998. Note el polígono en amarillo, éste corresponde a un cambio significativo y corresponde a la diferencia de las dos imágenes de las fechas expuestas. Cualquier cambio, puede ser visualizado y cuantificado con un software de geoprocetamiento digital de imágenes, en este caso fue utilizado el *software* ERDAS IMAGINE 8.6.

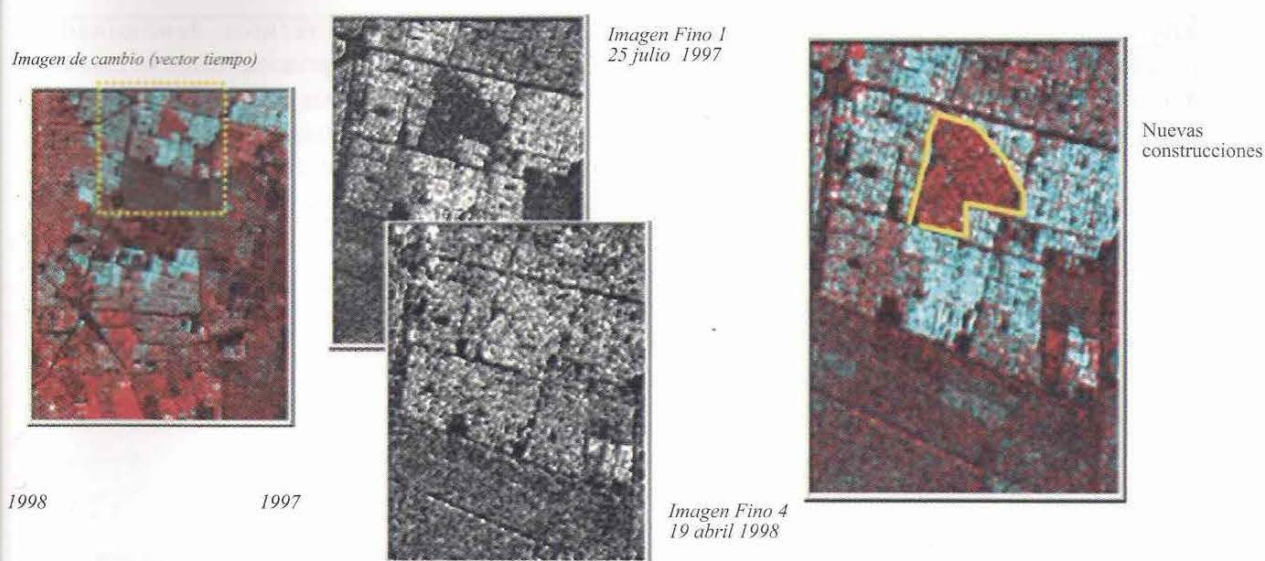


Figura 3. Imágenes RADARSAT para la detección de cambios urbanos, como cambios en el uso, inundaciones, ensanche de vías, etc.

En la figura N° 4 se aprecia la utilización de 3 imágenes de radar para analizar el efecto causado por el desborde del Río Ohio en USA. Cada imagen corresponde a una fecha determinada del evento y para poder interpretarlas se ha asignado

a cada una un color (rojo, verde o azul). De esta manera puede observarse el vector de cambio entre las tres fechas. El producto en sí es muy fácil de obtener y a su vez es muy útil para evaluar el vector de cambio en cuestión.

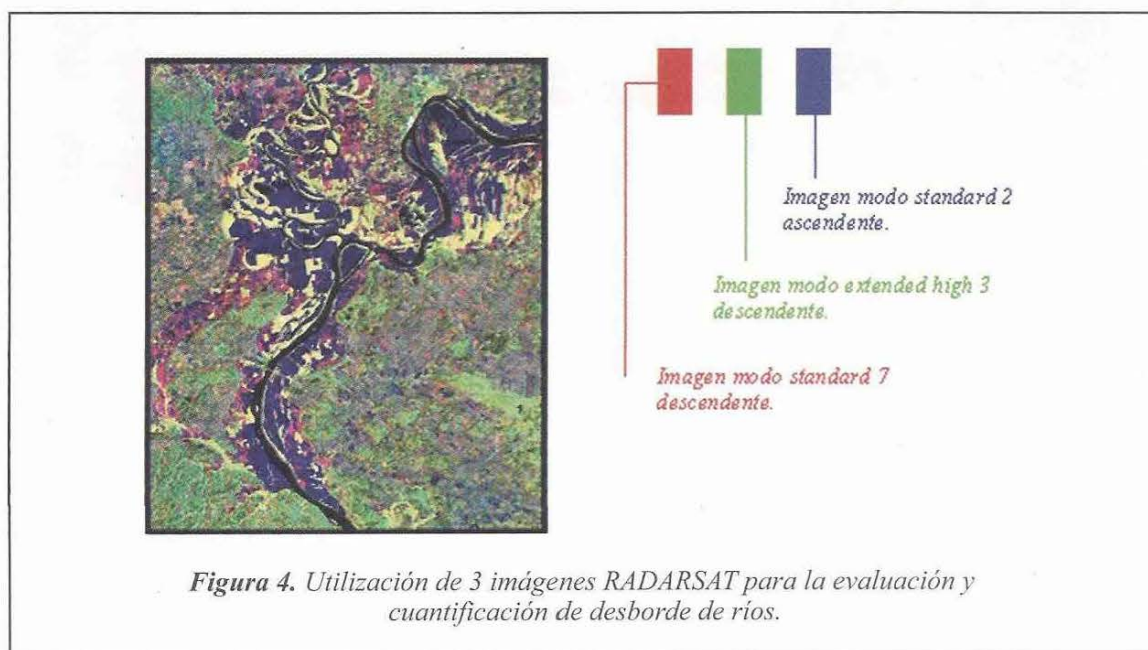
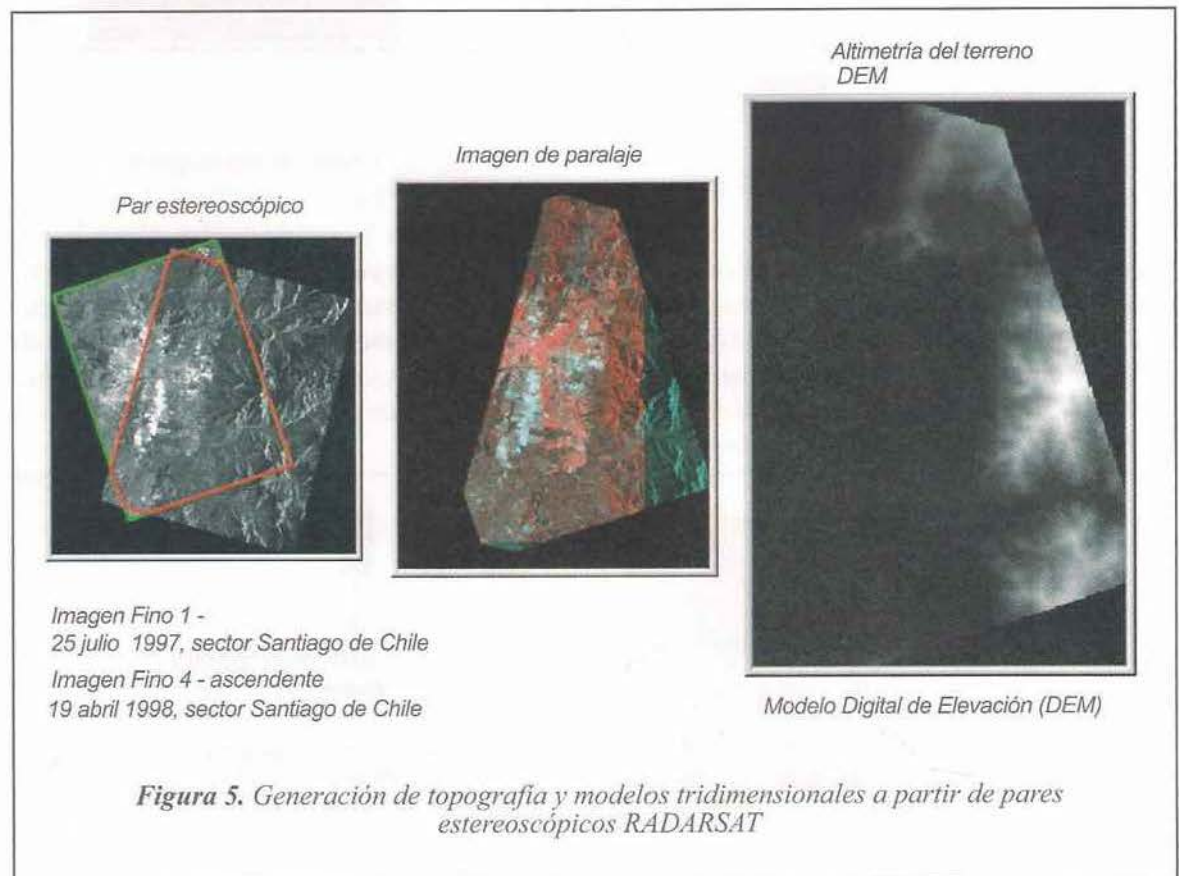


Figura 4. Utilización de 3 imágenes RADARSAT para la evaluación y cuantificación de desborde de ríos.

Obtención de topografía

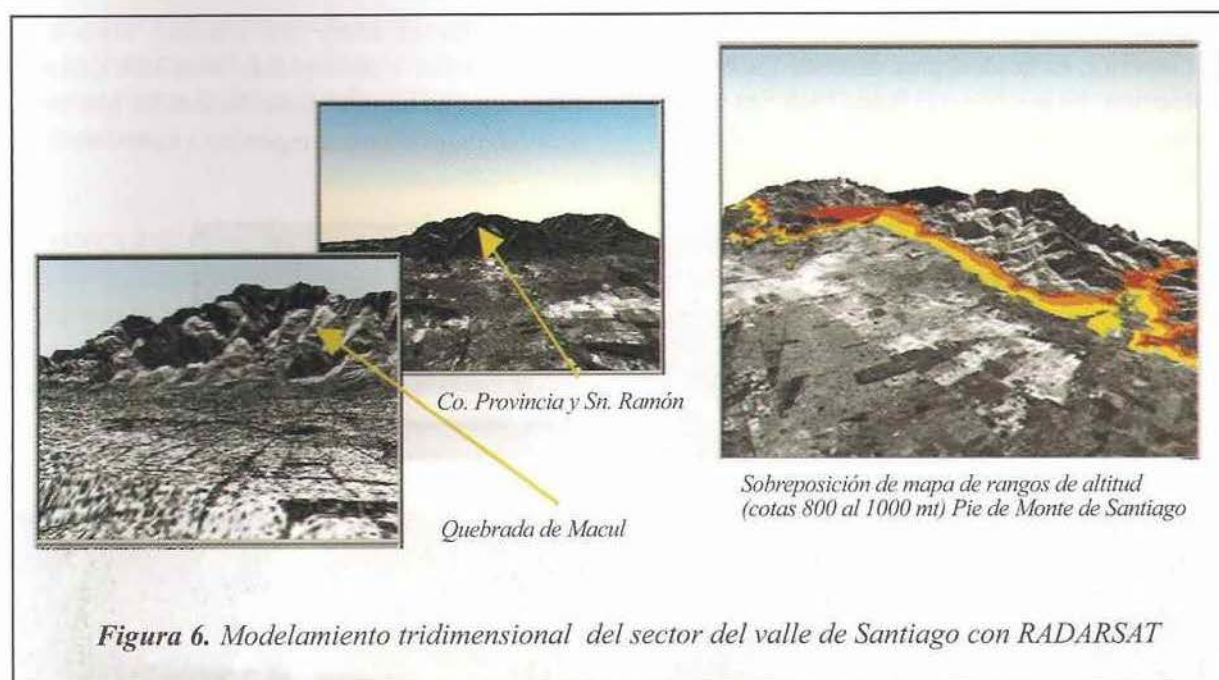
Las capacidades de obtención de información a partir de las imágenes de *RADARSAT*, no sólo se limitan a interpretar digital o visualmente elementos, sino que aprovechando las capacidades de multivisión del satélite más las capacidades de softwares de geoprocésamiento digital, es posible obtener pares estereoscópicos. Con lo anterior se abren las puertas para la generación de cartografía de lugares que por alguna u otra razón no cuentan aún con ella. (ver figura 5).

Existe también la técnica denominada interferometría, la que principalmente se basa en las diferencias existentes entre la misma órbita satelital, pero en distintas fechas, con lo que es posible obtener diferencias de fase (interferograma) y por consiguiente la topografía del sector.



Para la obtención de la topografía se deben conocer los antecedentes geométricos del sensor al momento de la toma (efemérides) de las vistas, más el apoyo terrestre correspondiente, lo que permite obtener los productos de la figura 5.

Con la utilización de la topografía continua del terreno es posible construir panorámicas del terreno bastante realistas, sobre las cuales se pueden superponer capas de información temática que enriquecen el modelo (ver figura 6).



Con el Modelo Digital de Elevación (DEM) construido a partir del par estereoscópico, se pueden obtener productos base para someterlos a algún tipo de modelo, como por ejemplo, un modelo de desastre en donde la topografía incide sobre la magnitud de un determinado fenómeno medioambiental (aluvión, erupción volcánica, etc). También pueden ser generados a partir de la información topográfica obtenida de RADARSAT, mapas de pendiente, exposición, ipsométricos, etc.

Ubicación de barcos y derrames de petróleo

Todo reflector de esquina, (edificios, elementos geométricos, obras de arte, barcos, etc) se representan muy brillantes en las imágenes de RADAR. Es así, que los barcos sobre el mar son muy fácilmente identificables. Lo mismo que cuerpos de distinta viscosidad (diferente constante dieléctrica), como el caso de derrames de petróleo o de aceite sobre la superficie del mar, que quedarán muy bien representados en las imágenes de RADAR.

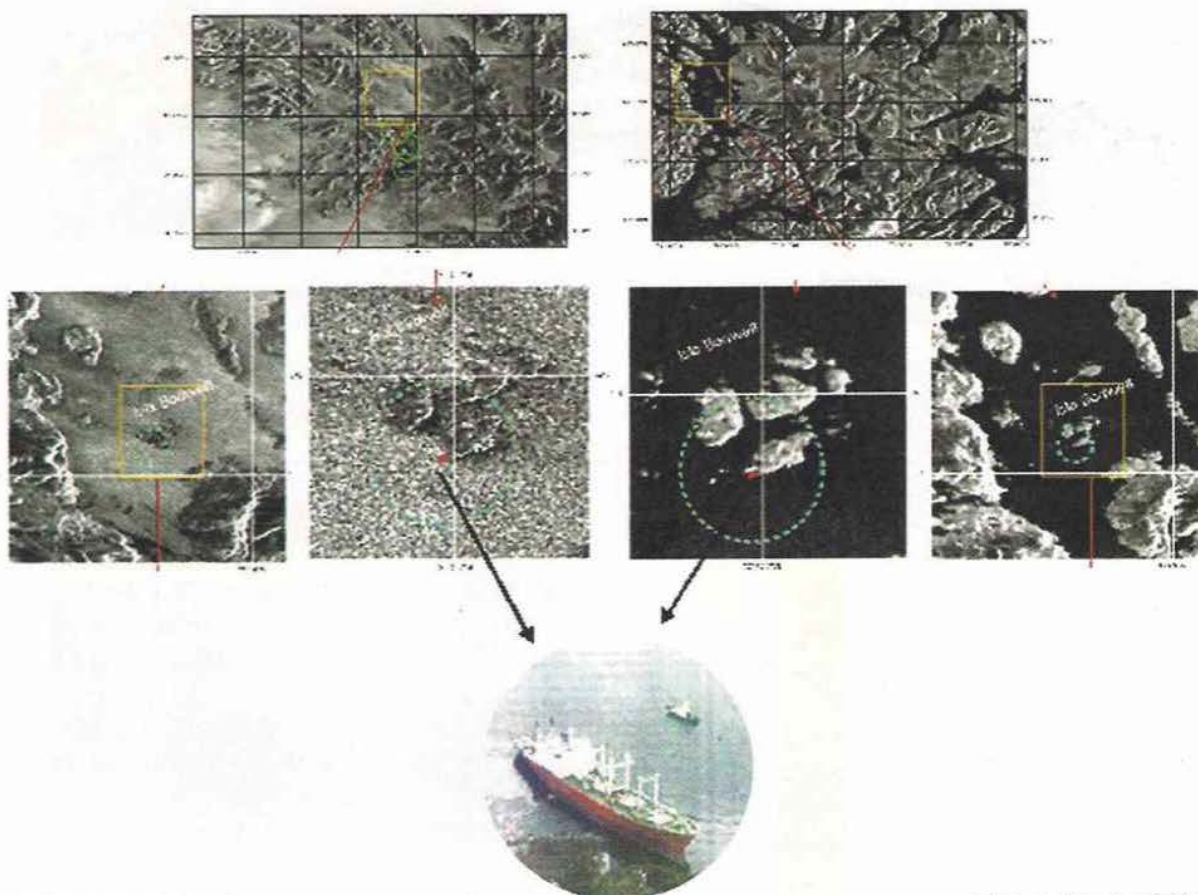
En la figura N°7 se aprecian dos imágenes del satélite RADARSAT con fecha 29 y 30 de julio de 1999 y que muestran el varamiento del buque frigorífico Irish Sea de Bahamas, en el Canal Smith, a 30 millas al norte del Estrecho de Magallanes, en la Isla Bedwell. La nave se accidentó el día sábado 24 de julio de 1999.

En la imagen del día 29 de julio (izquierda) correspondiente a una imagen del modo standard 1 de RADARSAT se puede apreciar el oleaje del mar producto del ángulo de incidencia muy agudo y en los alrededores de la Isla Bedwell (sur) se aprecia ligeramente un rectángulo blanco que corresponde al barco varado, y alrededor de él se observa una mancha negra, correspondiente a un pequeño derrame de petróleo. Se estima que la mancha cubrió un área de aproximadamente 100 mt².

En la imagen del 30 de julio (derecha), correspondiente a una imagen del modo standard 7 de RADARSAT se aprecia el mar en negro producto del ángulo de incidencia más grande, que impide ver el detalle de la olas sobre los

canales. Sin embargo, esta imagen complementaria a la anterior, es la ideal para detectar los barcos u objetivos. Es así, como el barco Irish Sea puede verse con mayor claridad e incluso se observa al oeste del buque otro barco de apoyo más pequeño.

calmos en el mar, sin viento, sino que corresponden a sectores del mar con distinta viscosidad en su superficie. Se deduce que estos sedimentos pueden corresponder a hidrocarburos.



29 de julio de 1999.

30 de julio de 1999.

Figura 7. Monitoreo de varamiento de barco y derrame de petróleo.

En esta aplicación queda de manifiesto el significado del uso de un tipo de imagen con un determinado ángulo de incidencia u otro.

Observando nuevamente la figura N° 7, en el caso de la imagen de la izquierda (29 de julio de 1999); es posible ver manchas oscuras sobre el mar, al sur de la isla Bedwell (círculos verdes). Estas manchas no son producto de sectores

Se debe dejar en claro, que los análisis anteriores han sido visuales y por tal motivo no es posible determinar el origen de éste tipo de sedimentos, los que se comportan de manera diferente, solo en esos sectores de la imagen. Sería conveniente tener un apoyo en terreno para hacer los chequeos adecuados.

Por otro lado, en la segunda imagen (derecha) del 30 de julio se aprecia la diferencia tierra-

mar, ideal es este producto para la delimitación de la línea costera para efectos de navegación o mapeo y para la detección de barcos u objetivos a la deriva.

CONCLUSION

Las imágenes de RADAR son un aporte real para el monitoreo de emergencias y la obtención de información base para la prevención de desastres.

Las características operacionales del satélite *RADARSAT* y los *softwares* de geoprocesamiento digital de imágenes, nos garantizan la toma y el procesamiento del dato bajo cualquier condición de inestabilidad atmosférica.

La versatilidad del satélite *RADARSAT* asegura la toma de imágenes de cualquier sector del mundo y con tiempos de respuesta incomparables.

BIBLIOGRAFIA

Erdas Inc., (1997). Erdas Field Guide, 4ª edición. USA.

P. Lamperein Polo, (1998). Manual Técnico de Percepción Remota y Geoprocesamiento Digital de Imágenes.

Radarsat International, (1995). Manual Radarsat Illuminated. Canadá.

Radarsat International, (1996). Manual de Geología. Canadá.