

Monitoreo costero para la detección de derrames de petróleo con datos sar

Reporte técnico.

Introducción

La vigilancia de derrames de petróleo constituye un componente crítico en el cuidado de los recursos marinos, por lo que reducir el riesgo de derrames de petróleo o anticiparse a su detección, resulta esencial para proteger la biodiversidad y para reducir pérdidas económicas en costas y océano.

Las tecnologías con base en la percepción remota, han tenido avances importantes en temáticas como ésta, dada su potencialidad para cubrir en forma periódica grandes extensiones de la superficie terrestre.

Sin bien existen sensores *in situ* de detección de contaminantes como son las boyas fijas flotantes, solo las imágenes satelitales puede proporcionar una visión global de la zona afectada, siendo una herramienta muy útil para dar una respuesta integrada al manejo de una eventual emergencia.

Existen numerosos satélites, tanto ópticos como de radar, que son utilizados para la detección y monitoreo de derrames de petróleo. Las imágenes SAR (Radar de Apertura Sintética) tienen aspectos importantes que las diferencian de las imágenes ópticas. El hecho de que trabajen en la región de las microondas del espectro electromagnético hace que la cobertura de nubes no sea un problema para la visualización de la superficie terrestre. Además, al ser un sensor activo, es decir que genera y emite su propia energía, trabaja en forma independiente de la luz solar, por lo tanto puede tomar imágenes tanto de día y como de noche.

Particularmente las imágenes SAR, son las que presentan mejor eficiencia para la detección de derrames de petróleo. En éstas, una mancha de petróleo puede ser detectada como un área oscura y de bordes definidos en comparación con su área circundante, que suele verse afectada por la rugosidad que sobre el agua puede producir el oleaje a causa del viento. La textura lisa de una capa de aceite o

hidrocarburos en la superficie del mar reduce la intensidad de la señal que retorna al satélite (retrodispersión), por lo que el derrame aparecerá como una superficie oscura en las imágenes SAR. Este es el mecanismo básico por el que es posible detectar derrames de hidrocarburos en el mar utilizando imágenes de radar.

Características de las imágenes SAR

El sistema de adquisición de una imagen SAR es lateral, propiedad que difiere mucho de los sensores ópticos, que adquieren información mirando al nadir. El sensor SAR es un sistema de radar que ilumina un área de la superficie terrestre mediante la transmisión de pulsos electromagnéticos en el rango de las microondas. Estos pulsos son reflejados desde el área iluminada y recibidos de nuevo por la antena del SAR. Como muestra la Figura 1, la transmisión de los pulsos se realiza apuntando el rayo de la antena aproximadamente en dirección perpendicular a la del vector de velocidad del satélite. La iluminación lateral produce una imagen de alta resolución de la superficie observada. La señal de retorno es luego procesada apropiadamente para formar una imagen digital.

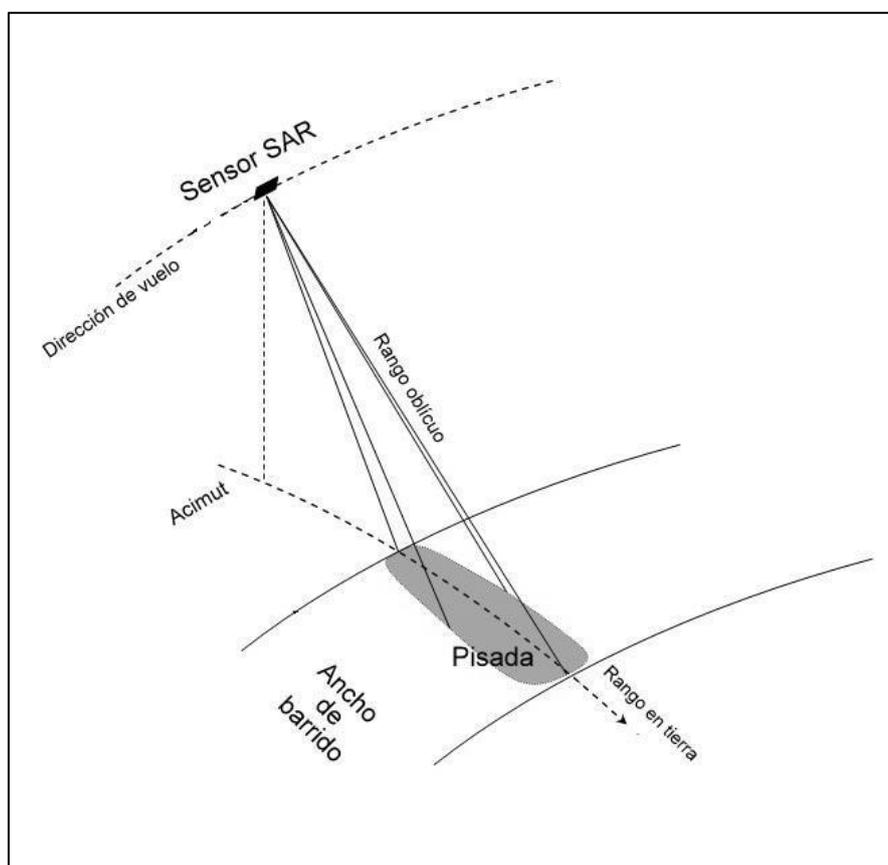


Figura 1: Geometría de adquisición SAR.

El radar emite una señal electromagnética (con una determinada configuración de ángulo de observación y polarización) que interactúa con los distintos elementos de la superficie terrestre dando lugar a diferentes respuestas. De acuerdo a los parámetros de rugosidad y contenido de humedad, al cual el SAR es altamente sensible, se generarán distintos mecanismos de retrodispersión aportando información altamente útil sobre el blanco observado.

En base a las características de configuración del sensor y a las propiedades del blanco observado se han desarrollado un número importante de aplicaciones. Para el caso de monitoreo de hidrocarburos, la rugosidad superficial es uno de los aspectos fundamentales a considerar en la interacción entre la señal de radar y la superficie marina.

Descripción Técnica del Monitoreo

Para el monitoreo de derrame de petróleo en las costas y mar argentino se utilizan imágenes de los cuatro (4) satélites italianos COSMO SkyMed (CONstellation of small Satellites for the Mediterranean basin Observation), puestos en órbita entre 2007 y 2010. Esta constelación forma parte del Sistema Italo-Argentino de Satélites para la Gestión de Emergencias (**SIASGE**), un proyecto de cooperación entre la República Argentina y la República de Italia, llevado a cabo a través de sus respectivas agencias espaciales, la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y la Agenzia Spaziale Italiana (ASI). Completan el SIASGE los dos satélites argentinos SAOCOM próximos a lanzarse (Fig. 2).

La constelación fue ideada para un importante número de aplicaciones de monitoreo de recursos terrestres, pero principalmente para prevenir y monitorear emergencias ambientales y catástrofes naturales, como inundaciones, sismos, incendios, deslizamientos de tierra, sequías o derrames de petróleo.

Los cuatro satélites italianos COSMO-SkyMed constan de radares de microondas de apertura sintética (SAR) en banda X (9.6 GHz, 3 cm de longitud de onda), mientras que los dos SAOCOM argentinos trabajan en banda L (1.275 GHz, 23 cm de longitud de onda). La complementariedad entre las 2 bandas aporta una potencialidad sin antecedentes al desarrollo de aplicaciones innovadoras en el campo satelital.

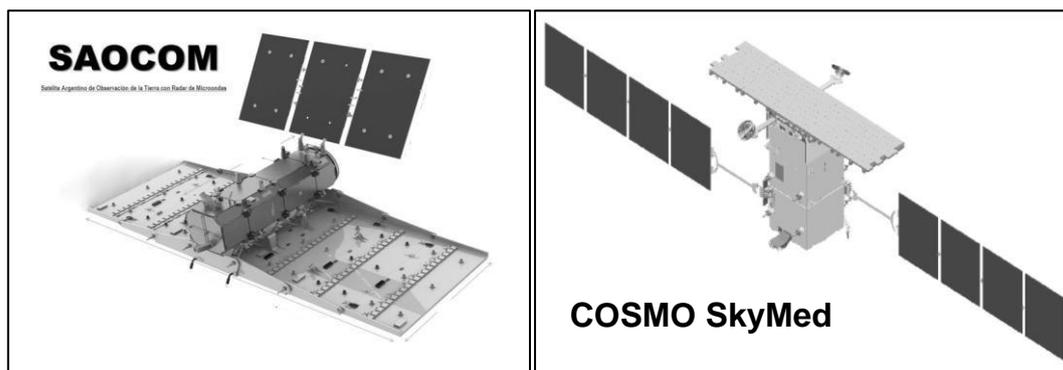


Figura 2: Esquemas de los satélites SAOCOM y COSMO SkyMed.

Datos utilizados

Para el monitoreo del presente proyecto se están utilizando datos COSMO Skymed previamente planificados.

Las características del modo de adquisición seleccionado de las imágenes son las siguientes:

- Modo de adquisición: ScanSAR Wide Region
- Resolución espacial: 15 metros
- Nivel de procesamiento: 1C (GEC)
- Polarización VV
- Rango de ángulo de incidencia nominales: entre 20°y 45°
- Órbita: indistinta

Metodología de trabajo

Las imágenes COSMO Skymed recibidas en la Estación Terrena de Córdoba de la CONAE, con una frecuencia que oscila entre dos a cuatro días según la zona monitoreada, son procesadas y analizadas a fin de elaborar mapas georreferenciados que muestran la situación en cada una de ellas con el fin de detectar tempranamente posibles derrames.

Los cuerpos de agua tienen tonalidades oscuras en las imágenes de radar, con excepción de aquellas zonas en donde el viento o las corrientes causan un incremento de la rugosidad. El viento marino induce rugosidad en la superficie generando olas de gran escala, olas de media escala, y olas de pequeña escala (espuma). Considerando que la observación del SAR es oblicua, una superficie lisa no producirá casi retorno de la señal mientras que una superficie rugosa causará una retrodispersión significativa. Por este motivo, existe una relación directa entre la velocidad del viento al momento

de toma de la imagen y la detección de manchas oscuras que podrían ser posibles derrames.

El umbral mínimo de velocidad de viento para que puedan generarse rugosidad suficiente a una escala medible por la señal de retorno para bandas X, C y L a ángulos de incidencia de 20° es entre 2 y 3 m/s. Por otro lado, el umbral máximo al cual el viento puede efectivamente hacer desaparecer la señal de respuesta por aumento excesivo del oleaje, está entre 10 a 14 m/s, dependiendo del tipo y espesura del vertido lo que hace menos obvia su determinación. Teniendo en cuenta esto, las escenas con niveles altos o medios de viento, por encima del umbral máximo, tendrán menor cantidad de falsas alarmas de derrame. Mientras que, en bajas condiciones de viento, por debajo del umbral mínimo, se observarán mayores sectores con falsas alarmas. Dadas estas condiciones, el rango de velocidad del viento adecuado para detectar posibles manchas de petróleo con menos cantidad de falsos positivos es entre 2-14 m/s.

Para evitar confundir posibles derrames con áreas de baja retrodispersión, el equipo sigue trabajando en la puesta a punto de metodologías de precisión para en caso de detección de manchas oscuras, minimizar el error de que sea un falso positivo.

Estos fenómenos pueden ser efectos atmosféricos como lluvias muy intensas; fenómenos oceanográficos como corrientes internas, floraciones algales, zonas de reparo debido a la topografía costera, y fenómenos asociados a la actividad humana, como las estelas de barcos.

Para el plan de monitoreo se están probando metodologías ya desarrolladas (desde manuales a automáticas) para la detección de hidrocarburos en el mar utilizando como base imágenes de radar, ya sea por derrames o por la presencia de manaderos naturales (Fig. 3). Luego de una detallada detección visual, con el fin de reconocer patrones en cuanto a textura, color, rugosidad, que hacen al reconocimiento de una mancha de petróleo, se procede a procesar la imagen de acuerdo a los pasos metodológicos que se detallan en la Fig. 3, basados en metodologías ampliamente utilizadas.

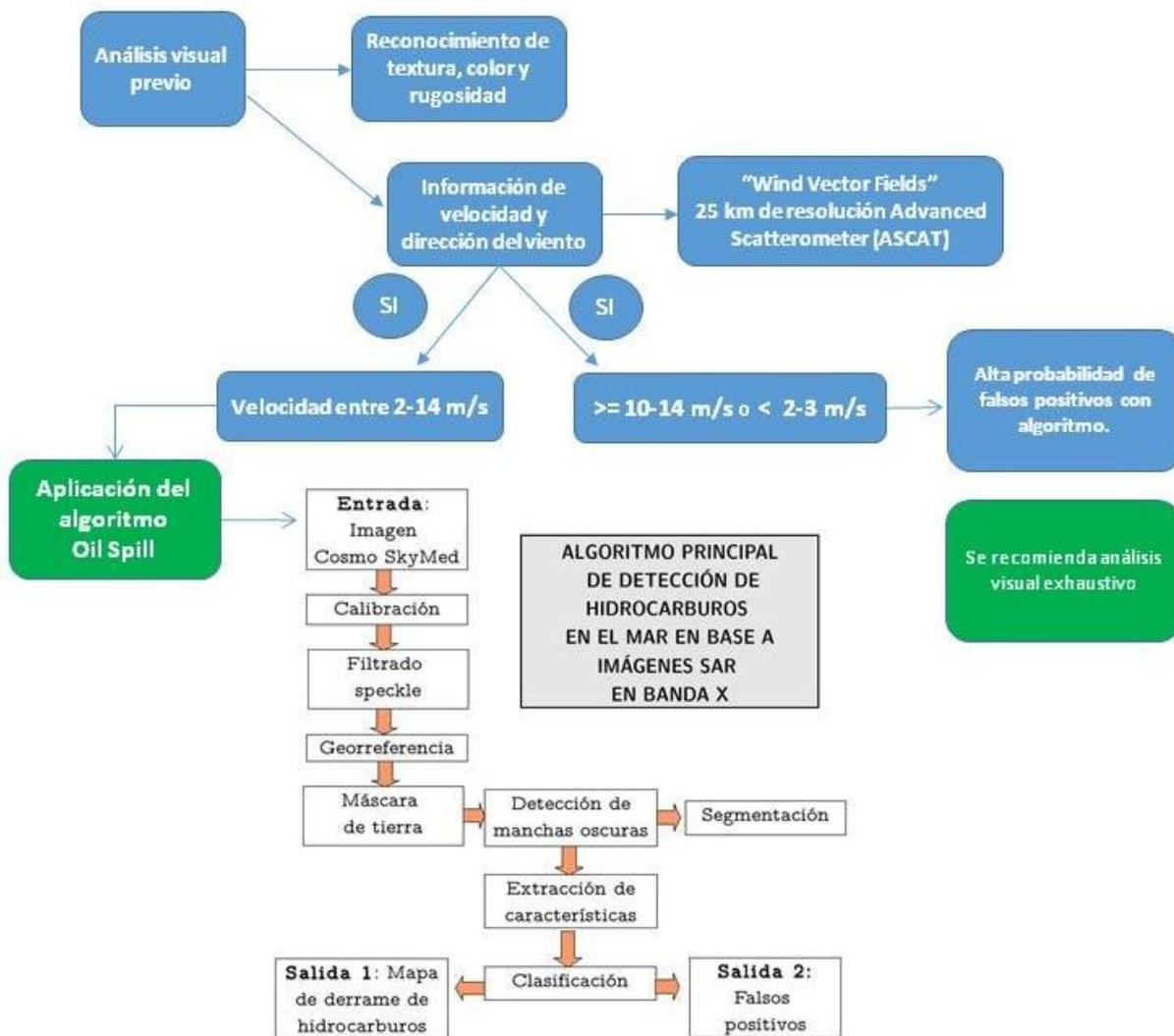


Fig. 3: Diagrama metodológico propuesto.

Antes de entrar al algoritmo principal, la imagen SAR es calibrada y georreferenciada, previa aplicación de un filtro para disminución del speckle. El speckle es un ruido multiplicativo característico de las imágenes de radar, y es inherente al proceso de formación de la imagen en sistemas de iluminación coherente. Luego, la imagen ingresa al algoritmo principal, donde con la utilización de un modelo digital de elevación (STRM, resolución 90 m.) procede a enmascarar la tierra. De esta manera el procesamiento de los datos se realiza solo sobre áreas marinas, el área de interés del proyecto. Luego, se continúa con la etapa de detección de puntos oscuros, las manchas o posibles derrames se detectan con un método de umbral adaptativo. La siguiente y última etapa es de agrupación y discriminación. Los píxeles detectados como mancha oscura se agrupan en base a parámetros establecidos por el operador de acuerdo al tamaño mínimo del cluster establecido para el análisis. Finalmente, el producto de

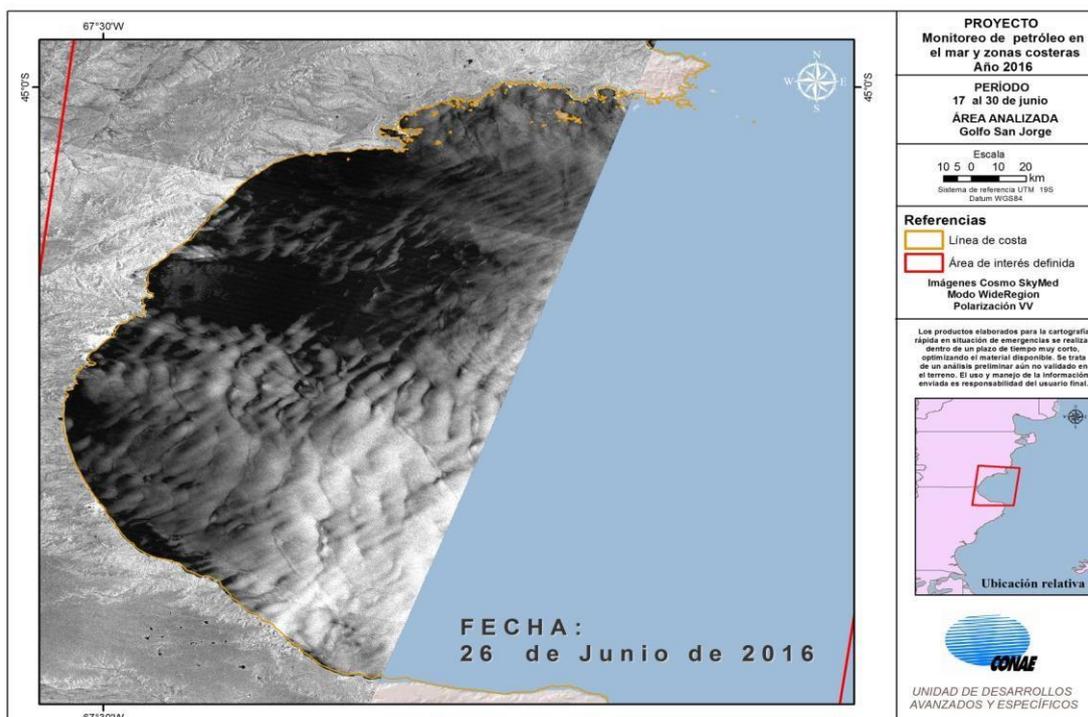
salida es una máscara binaria (valores 0 y 1) donde los valores positivos corresponden a posibles alertas de derrame de hidrocarburos.

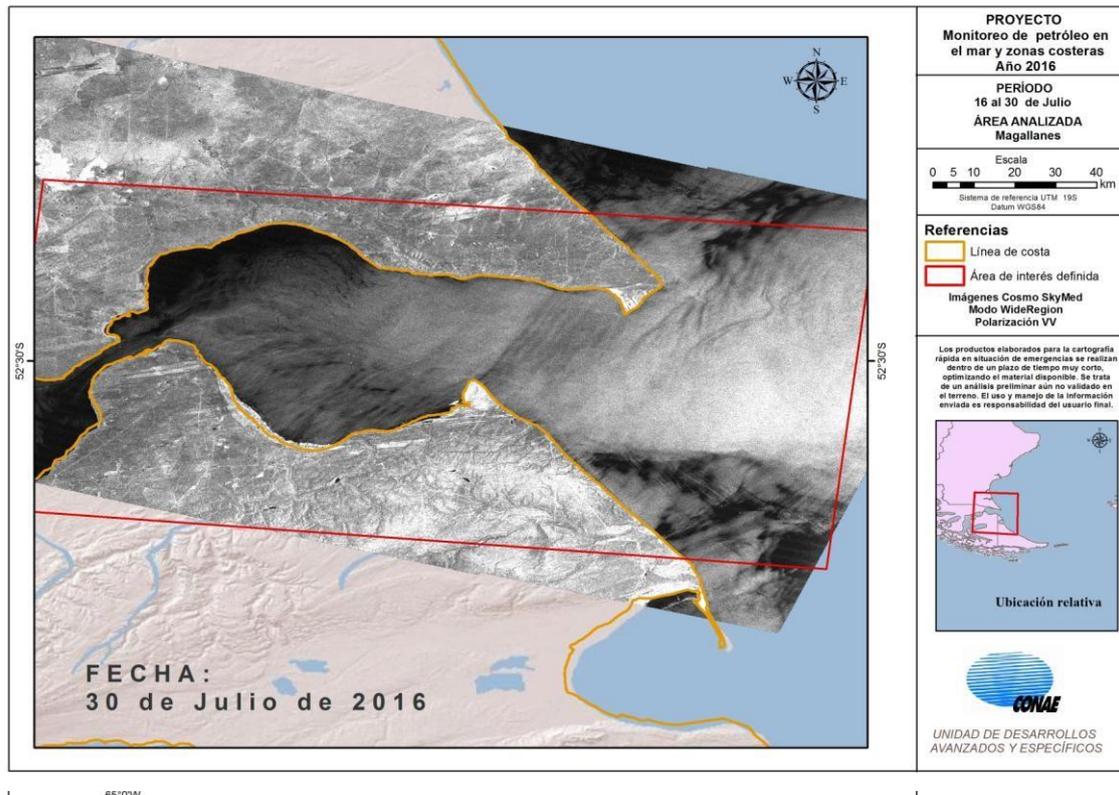
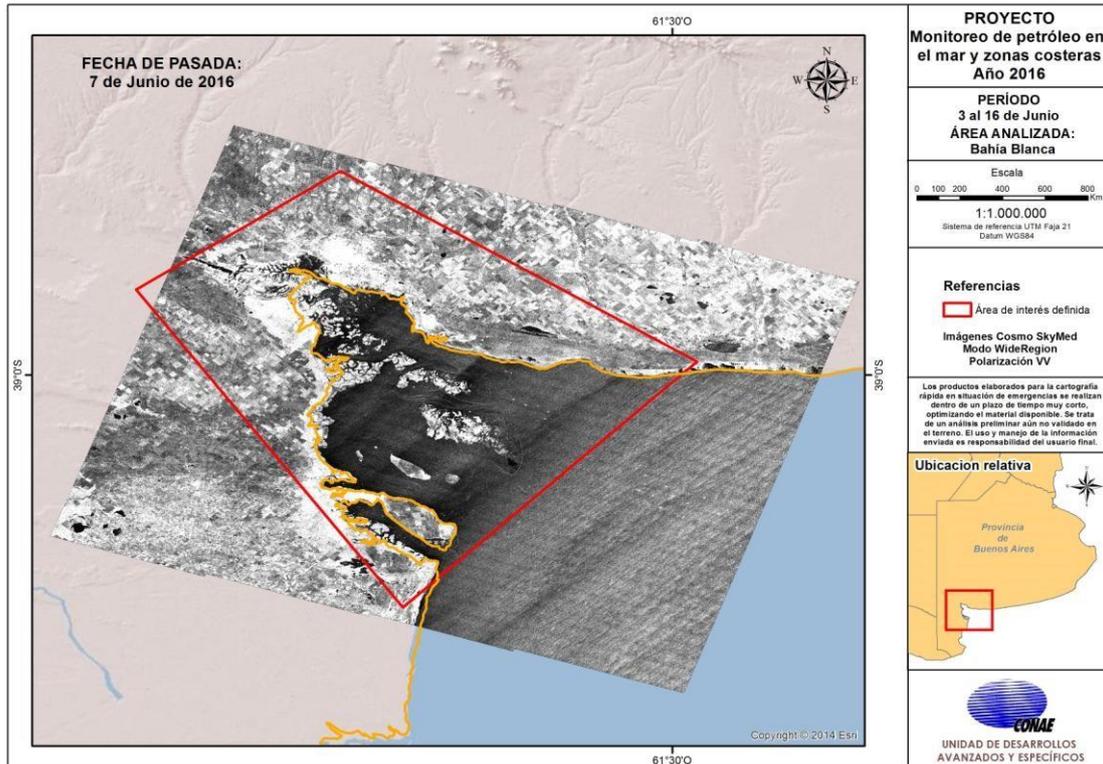
Como se ha mencionado, uno de los factores principales a tener en cuenta para definir el procesamiento aplicando este algoritmo es la velocidad del viento al momento de la captura de la imagen. Para el análisis de las imágenes en forma visual, las condiciones locales de viento en superficie son estimadas mediante el producto “Wind Vector Fields” de 25 km de resolución proveniente del sensor Advanced Scatterometer (ASCAT) a bordo del satélite EUMETSAT METOP. Este producto brinda información gráfica en relación a dirección y velocidad del viento en superficie. Cuando el análisis se realiza en forma automática, el viento es un factor que interviene en la selección de un umbral en la etapa de detección de puntos oscuros.

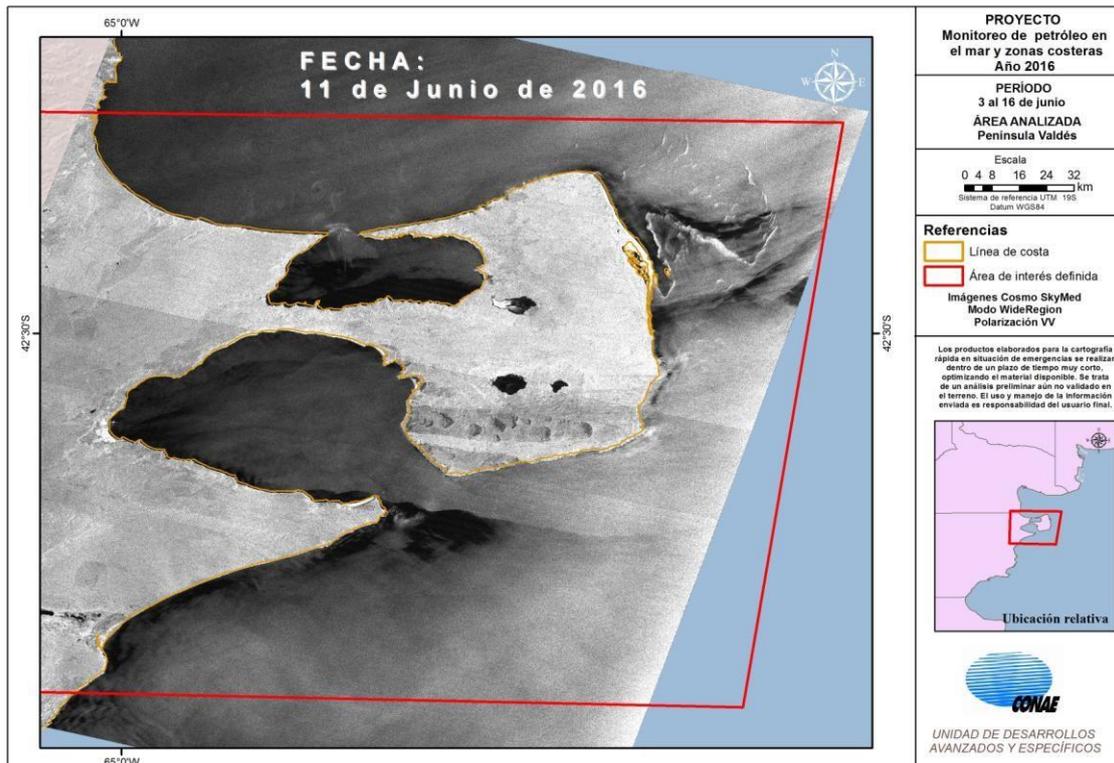
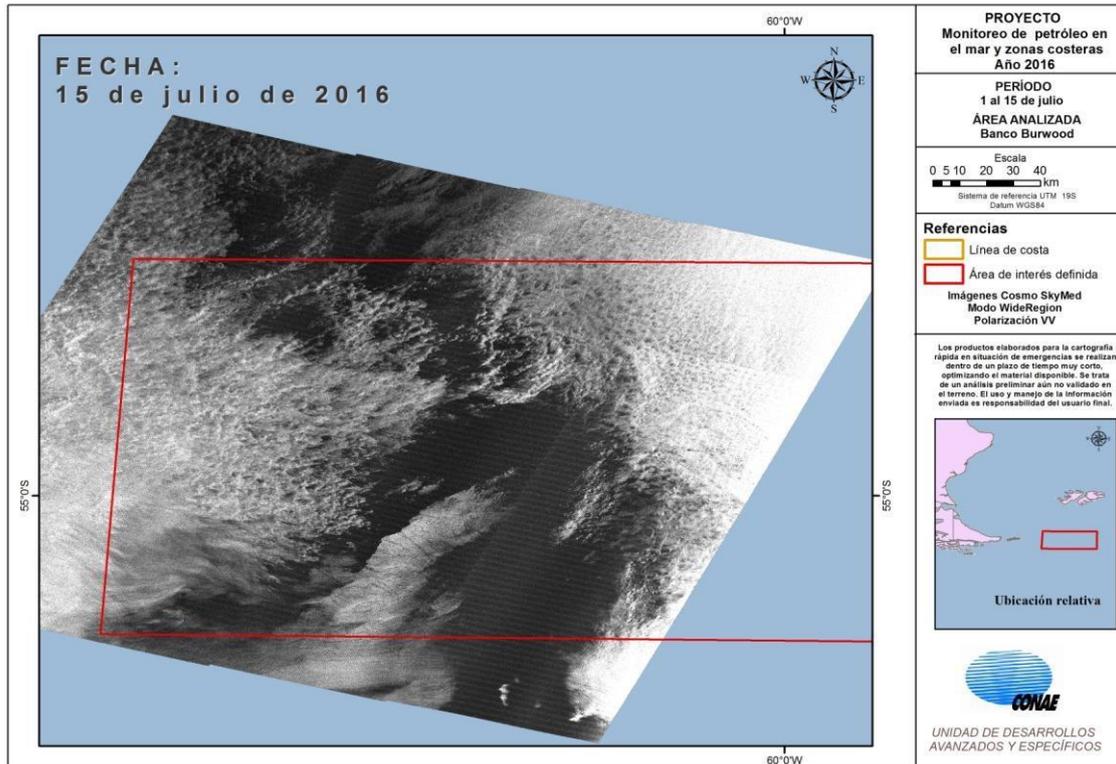
A la fecha (agosto 2016) se han analizado más de 200 imágenes. A continuación se muestran algunos ejemplos de los productos ya procesados de las zonas de interés definidas y donde se han detectado falsas alarmas (zonas oscuras) por las condiciones locales de viento.

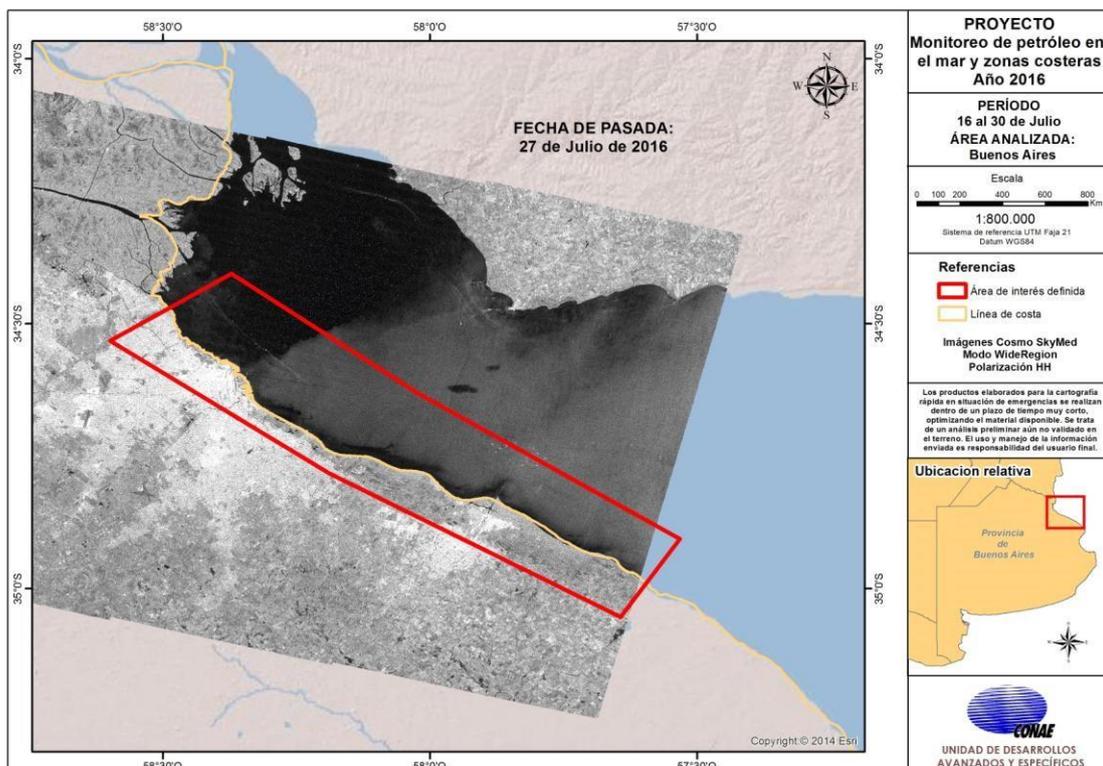
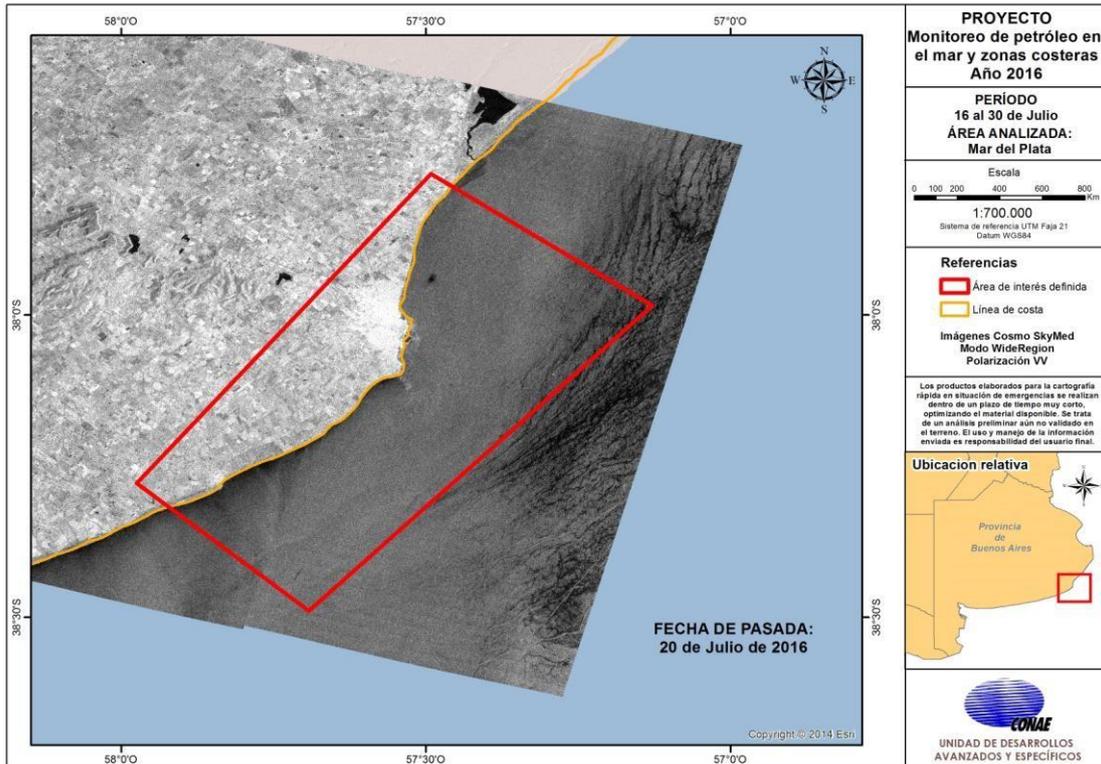
Para consultas escribir a Atención Usuarios: ssu.atencionUsuarios@conae.gov.ar

Ejemplos de productos procesados









Bibliografía consultada:

- Alpers W. and Espedal H. A. 2004. Oils and Surfactants. In: In Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual (Ed. by R. J. Christophe and J. R. Apel), pp. 263–75. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data and Information Service, Office of Research and Applications, Washington, DC.
- Bartsch, N., K. Gruner, W. Keydel, and F. Witte, 1987, Contributions to oil spill detection and analysis with Radar and Microwave radiometry: Results of Archimedes II Campaign, IEEE Transactions of Geoscience and Remote Sensing, v. 25, p. 677-689.
- Brekke C. and Solberg A. H. S. 2005. Oil spill detection by satellite remote sensing. Remote Sensing of Environment 95: 1–13. Buono A., Lemos Paes R., Nunziata F., Migliaccio M. Synthetic Aperture Radar for oil spill monitoring: a brief review. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Joao Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.
- Espedal H. A. 1999. Satellite SAR oil spill detection using wind history information. International Journal of Remote Sensing 20: 49–65. Fingas M. 2015. Handbook of Oil Spill Science and Technology. John Wiley and Sons.
- Marzialetti P. A. 2011. Monitoreo de derrames de hidrocarburos en cuerpos de agua mediante técnicas de sensado remoto. Universidad Nacional de Córdoba. IG-CONAE.
- Solberg, A. S., C. Brekke and R. Solberg, "Algorithms for oil spill detection in Radarsat and ENVISAT SAR images", Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Proceedings. 2004 IEEE International, 20-24 Sept. 2004, page 4909-4912, vol.7.
- Suresh G., Heygster G., Bohrmann G., Melsheimer C. and Korber J. H. 2013. An automatic detection system for natural oil seep origin estimation in SAR images. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) pp. 3566–3569.
- Suresh G., Heygster G., Melsheimer C. and Bohrmann G. 2014. Natural oil Seep Location Estimation in SAR images using direct and contextual information. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) pp. 1678–1681.
- Suresh G., Melsheimer C., Korber J. H. and Bohrmann G. 2015. Automatic Estimation of Oil Seep Locations in Synthetic Aperture Radar Images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 53: 4218–4230.