

Identificación y seguimiento de vertidos accidentales de petróleo mediante el satélite ERS-1: La marea negra del “Mar Egeo”

Antonio de la Cruz; Julio de la Cruz
INFOCARTO S.A.

RESUMEN

El seguimiento de la marea negra del “Mar Egeo” mediante imágenes SAR del satélite ERS-1 ha permitido la identificación de la extensión geográfica y temporal de la contaminación, que en la imagen del 13 de diciembre ocupaba una extensión próxima a los 1.000 km cuadrados. Geográficamente, la contaminación se extendió desde las proximidades de La Coruña hacia el suroeste (área de Malpica) y hacia el noreste, recorriendo el litoral gallego hasta el cabo de Estaca de Bares y la ría de Vivero. Algunas imágenes SAR, presentan indicios de alejamiento de la contaminación hacia mar adentro.

En cuanto a la evolución temporal, la imagen SAR del 8 de febrero de 1993 en las proximidades de La Coruña, todavía mostraba claros y abundantes indicios de restos de la marea negra después de dos meses del accidente.

En estas interpretaciones se ha tenido en cuenta la velocidad del viento en las diferentes pasadas del satélite.

ABSTRACT

SAR images from ERS-1 have allowed to monitor the accidental oil spill caused by the “Aegean Sea” in the proximity of La Coruña, which ten days after the accident had reached an area of approximately 1000 square Km.

Winds and marine currents pushed the spill from La Coruña to Malpica in the southwest and to the cape of Estaca de Bares and Ría de Vivero to the northeast. There is some evidence in the SAR images that the oil spill moved to deepsea in some areas (Malpica, Estaca de Bares).

The SAR image of the eight of February, still showed a clear indication of the oil spill around the area of La Coruña after two months of the accident.

Wind data from the observatory of La Coruña, were considered for the interpretation of the SAR images.

Introducción

El objetivo de este estudio es realizar un seguimiento, mediante las imágenes SAR del satélite ERS-I, de la marea negra ocasionada por el petrolero "Mar Egeo" que embarrancó en las costas de La Coruña en la madrugada del 3 de diciembre de 1992.

El radar al ser un sensor activo, transmite y recibe su propia energía y por lo tanto, puede operar independientemente de la luz solar, obteniendo datos durante la noche y a través de zonas nubosas. Estando por tanto muy indicado en regiones nubosas como Galicia. Además, una de las aplicaciones más extendidas de la tecnología SAR, es que está especialmente indicada en la identificación de vertidos de petróleo accidentales e intencionados.

Obtención y Procesamiento de las Imágenes de Radar

Las imágenes del satélite **ERS-I SAR** utilizadas en el presente estudio corresponden a la modalidad **PRI (PR**ecision Image) En cuanto a la elección de fechas en la zona de La Coruña, las pasadas del satélite permitieron la siguiente selección de imágenes: 4 octubre 1992, (casi dos meses antes del accidente, para comparar los efectos antes y después), 13 diciembre 1992, 1 enero 1993, 17 enero 1993 y 8 febrero 1993.

El proceso de selección de imágenes SAR, se hizo mediante el software DESC versión 1,4 de la ESA. Las imágenes SAR, fueron solicitadas a EURIMAGE que es el consorcio europeo nombrado por ESA del cual INFOCARTO S.A. es distribuidor para España.

El procesado de imágenes radar del satélite ERS-1 de la zona de La Coruña, se realizó mediante el Módulo de Radar del software de proceso de imagen **ERDAS** Versión 8.0.1. que contiene todas las funciones de preprocesado y de realce de imágenes mencionadas en este estudio. El procesado de las imágenes ERS-1 de La Coruña, siguió el siguiente orden:

Supresión del ruido mediante la aplicación reiterativa del filtro SIGMA consistente en una matriz deslizante que efectúa un barrido de la imagen.

Rotación para orientar los píxels en el lugar correspondiente.

Compresión a una imagen de 8 bits para reducir el volumen en los ficheros resultantes de las imágenes de radar (Erdas, 1992).

El proceso de supresión del ruido requiere cierta cautela, ya que puede producir una pérdida de la resolución. Cada imagen y cada aplicación, lleva equiparada un cierto ni-

vel de equilibrio entre reducción de ruido y pérdida de resolución. El módulo de Radar del sistema **ERDAS** de proceso de imagen, tiene unos filtros que suprimen el ruido (y la resolución) de una forma suave y flexible. Por último debemos subrayar la importancia de efectuar siempre en primer lugar el proceso de reducción de ruidos, no debiendo realizar ninguna otra operación de realce hasta que no estemos satisfechos con los resultados, ya que de otra forma incorporaríamos ruido residual en la imagen final.

La energía de microondas de radar actúa de forma peculiar al entrar en contacto con la superficie terrestre, lo cual la hace diferente a la forma de actuar de otro tipo de radiaciones del espectro electromagnético como por ejemplo las radiaciones del espectro visible o las del infrarrojo. Esta peculiaridad del radar consiste en que debido a la mayor longitud de onda de las radiaciones de microondas, tiene la facilidad de penetrar a través de las condiciones meteorológicas más adversas de nubes, lluvias, nevadas e incluso humo, así como proporcionar imágenes de día y de noche. Así mismo, el radar, en condiciones de adecuada longitud de onda y ángulo de incidencia, también puede conseguir penetración de hasta 3 metros en medios acuosos. Por lo cual es una tecnología muy utilizada en estudios oceánicos, litorales y lacustres.

Otra peculiaridad de las imágenes radar viene dada por la disposición inclinada en la transmisión y recepción de los impulsos de radar, lo cual crea unas distorsiones geométricas en las imágenes, que conviene eliminar. Como se puede entrever, el procesamiento de las imágenes radar requiere unas técnicas adecuadas y específicas para este tipo de datos, que consigan resaltar y presentar la imagen final en forma óptima para su interpretación.

Existen unas funciones standar de preprocesado que se aplicaron a las imágenes de radar seleccionadas de este estudio, a fin de evitar distorsiones y otras anomalías introducidas en las imágenes por el diseño, transmisión y recepción de los sistemas de radar. Estas funciones de pre-procesado son las siguientes:

Ajuste del brillo. Las imágenes radar en su estado primario contienen generalmente errores radiométricos como resultado de ciertas imperfecciones en la transmisión y recepción de los impulsos de radar por la antena del sistema, que registra con mayor intensidad los impulsos recibidos de objetivos próximos que los lejanos. El ajuste de brillo corrige esta imperfección proporcionando el valor adecuado para todo la escena.

Ajuste de la inclinación (Slant Range). Por diseño, los sistemas de radar de satélite y aerotransportados transmiten y reciben energía de microondas de forma inclinada. Como los sistemas de radar registran el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción de los impulsos, se puede calcular la

distancia a cada objetivo, y por tanto corregir la distorsión geométrica y proyectar adecuadamente la imagen de radar sobre el terreno (Erdas, 1992).

Supresión del ruido (Speckle). Los impulsos de radar son emitidos en fase y de una forma coherente, pero al alcanzar cualquier objetivo, esta energía se dispersa (backscatter) y es recibida por el sistema con interferencias que dan lugar a la formación de píxels claros y oscuros, los cuales producen una imagen confusa. La función de supresión del ruido, permite seleccionar los parámetros que permiten una diferenciación entre los píxels que contienen información y los que sólo proporcionan ruido.

En cuanto a las funciones de proceso de imagen para realzar las imágenes de radar, en la interpretación y análisis de los resultados hemos tenido en cuenta, la **Modificación Local de la Iluminación**, los **Análisis de Textura** tan importantes en las imágenes de radar en las tareas de clasificación y segmentación, y el **Realce de Bordes** (Erdas, 1992).

Identificación de Vertidos Petrolíferos Mediante Radar

La tecnología de radar consigue resultados interesantes en la identificación de vertidos de crudos en el mar ya sean intencionados o accidentales. El fundamento detrás de esta aplicación es el siguiente: los impulsos de radar se reflejan en la superficie del mar de forma diferente según el estado de agitación o de calma de las olas. Generalmente, en zonas de mar abierto, las olas están cubiertas por unas pequeñas ondas ("capillary waves") que han sido generadas por el viento local y cuya longitud de onda, es mucho más pequeña que las olas sobre las que van superpuestas, en estas zonas de mar abierto, estas pequeñas ondas de capilaridad producen una mayor dispersión (backscattering) de los impulsos de radar en muchas direcciones y por lo tanto una mayor proporción de estos se reflejan y son registrados por los sistemas de radar dando unos tonos más claros en las imágenes. En cambio en las zonas más tranquilas (zonas restringidas y al abrigo de estructuras litorales), las olas están exentas de estas pequeñas ondas de capilaridad, y por lo tanto, no se produce la dispersión de las radiaciones, actuando estas zonas como superficies especulares que reflejan los impulsos de radar en dirección opuesta al sensor, perdiéndose por tanto todas estas radiaciones y presentando estas zonas unos tonos muy oscuros en las imágenes de radar (ESA, 1992).

En cuanto a los vertidos de crudos, debido a su gran tensión superficial, tienen la notable propiedad de hacer desaparecer las pequeñas ondas de capilaridad, con lo cual se reduce, hasta cierto punto, la energía del oleaje en las zonas con vertidos de crudos, pudiéndose detectar fácilmente en las imágenes de radar las zonas afectadas por su notable color oscuro ya que de estas zonas no se produce retorno de las seña-

les de radar (ESA, 1992). Lamentablemente, este criterio no es suficiente para identificar unívocamente por radar los vertidos de petróleos, ya que no todas las zonas oscuras son debidas a contaminación de crudos, siendo en ocasiones difícil discriminar entre las zonas verdaderamente afectadas por vertidos (accidentales o intencionados) y las zonas de calma. Sin embargo, podemos adelantar ya ciertos criterios que en algunos casos permiten una diferenciación. Por ejemplo, los vertidos intencionados de petróleos (VIP), generalmente tienen lugar lejos de la costa, muchas veces en ruta y fuera del abrigo costero que generan las zonas de calma, siendo posible en estos casos establecer diferenciaciones. Otro aspecto que puede resultar de interés en este sentido, es la forma alargada y bordes bien definidos y contrastados de los vertidos intencionados en contraposición con los bordes más difusos y formas más circulares que son características de las zonas en calma.

A pesar de estas limitaciones, lo que sí podemos afirmar es que con los estudios experimentales de vertidos controlados y analizados posteriormente con diferentes sensores de radar, se ha comprobado que aunque la película de petróleo sea de muy poco espesor (del orden de micrómetros - ¡millonésimas de metro!), persiste esta facilidad de los vertidos para reducir las pequeñas ondas de capilaridad asociadas al oleaje, pudiéndose por tanto detectar su extensión y evolución mediante imágenes de radar (Sorensen, 1993).

Con los mismos experimentos de vertidos controlados a los que aludíamos antes, se ha podido comprobar que basta una cantidad pequeña de 60 litros de crudo (aproximadamente la capacidad del depósito de gasolina de un automóvil), para que se produzca el efecto de reducción de las ondas de capilaridad, y la identificación y evolución de este pequeño vertido pueda ser identificada por los sensores de radar (Galli de Paratesi, 1992). Esta aplicación del radar en la identificación de los vertidos de crudos, tiene otras restricciones ambientales referidas a la velocidad local del viento en las zonas de vertidos. Los estudios experimentales con pequeños vertidos controlados, antes aludidos, demuestran que con velocidades inferiores a 2 metros por segundo, no se producen ondas de capilaridad, y no es posible, por tanto, diferenciar entre las zonas afectadas y las zonas en calma que no lo estén (presentando ambas tonos oscuros). En cambio la identificación es muy nítida entre 4 y 9 metros por segundo, existiendo entonces un buen contraste entre las zonas con ondas de capilaridad, libres de contaminación, y las zonas afectadas que no las tienen. Sin embargo, con velocidades superiores a 9 metros por segundo, el crudo se mezcla con el agua y no es posible identificar su extensión en las imágenes de radar (Galli de Paratesi, 1992). Esta situación fue la que tuvo lugar en el norte de Escocia en el accidente del petrolero "Braer". Las grandes velocidades del viento en el Mar del Norte, favorecieron la mezcla del crudo y agua de mar impidiendo su identificación y seguimiento en las imágenes de radar (Eurimage, comunicación personal).

También es interesante señalar, que las imágenes de radar no aportan información sobre el espesor de los vertidos, por lo tanto las imágenes de radar del satélite ERS-1 SAR, que acompañan a este informe, sólo debieran ser tenidas en cuenta en relación a la extensión y evolución de los vertidos sin entrar a considerar su espesor.

Interpretación y Análisis de los Resultados

La primera de las imágenes de radar obtenidas después del accidente del petrolero "Mar Egeo" corresponde a una pasada del satélite ERS-1 del día 13 de diciembre 1992 en la que puede observarse la gran extensión conseguida en esa fecha por la marea negra que ocupaba entonces una superficie aproximada de 1.000 kilómetros cuadrados. Sin embargo, para no caer en alarmismos, debemos reiterar que en esta superficie contaminada pueden existir zonas en las que el espesor de crudos sea despreciable, los vertidos de crudos (sobre todo los más viscosos y densos) aún con espesores en la millonésima de metro tienen la propiedad de eliminar las ondas de capilaridad de las olas y por lo tanto quedan identificados en las imágenes de radar.

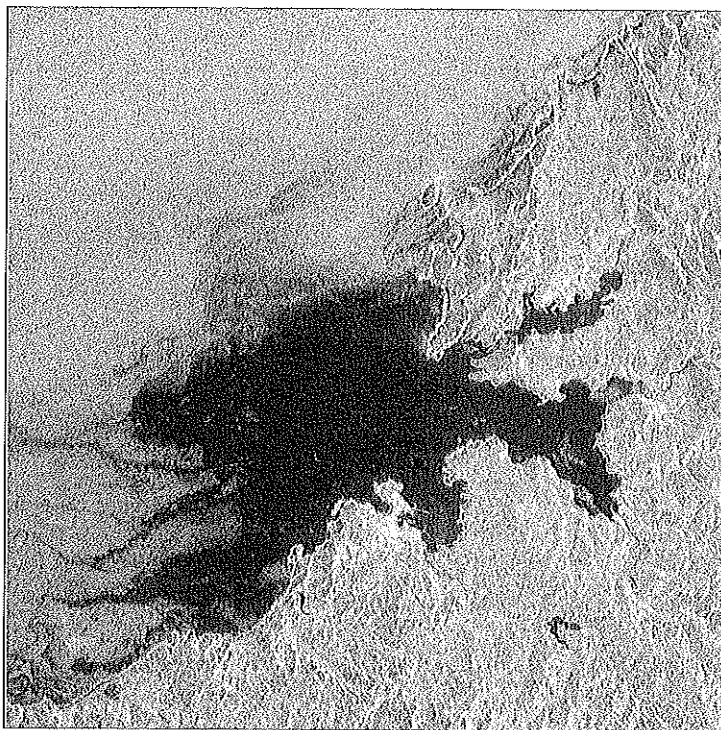


IMAGEN SAR / ERS-1; 13 DE DICIEMBRE 1992 - LA CORUÑA
Muestra la extensión de la marea negra 10 días después del accidente del petrolero "Mar Egeo"

La imagen del 13 de diciembre muestra diversos tonos de grises hasta alcanzar un tono completamente negro. Estos tonos podrían muy bien indicar zonas con diferentes concentraciones o acumulaciones entre crudos y agua de mar siempre que esta indicación se tome en sentido cualitativo y no cuantitativo. Durante el proceso de esta imagen, se resaltaron los tonos negros en color rojo, que es donde probablemente se encontraban en esa fecha los espesores más desarrollados, sin que esto implique un espesor uniforme en la zona o la exclusión de espesores mínimos.

En esta imagen del 13 de diciembre la trayectoria del satélite es Norte - Sur y la "iluminación" del haz de radar es hacia el Oeste. Esta dirección de iluminación, subperpendicular a la dirección del oleaje, hace que se resalte más la identificación de la marea negra en esta imagen de radar.

En cuanto a las condiciones ambientales, el informe técnico de la Agencia Europea del Espacio (ESA, 1992) menciona que durante el día que se obtuvo esta imagen, se registraron vientos de hasta 3 metros por segundo, que es una velocidad adecuada

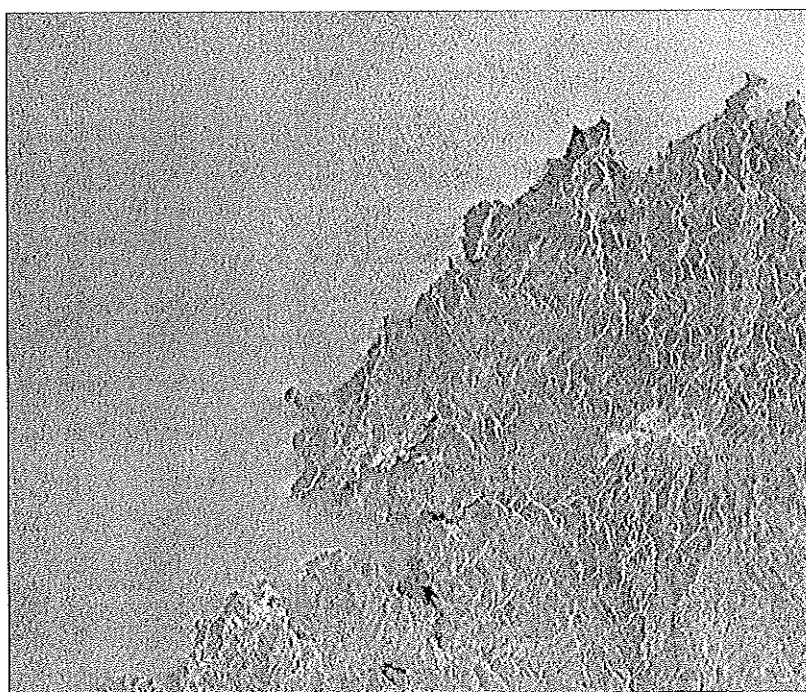


IMAGEN SAR / ERS-1; 4 DE OCTUBRE 1992 - LA CORUÑA
Muestra una imagen de radar de la zona dos meses antes del accidente
del petrolero "Mar Egeo"

para que la imagen de radar presente unos datos realistas de la situación. En los días previos a la toma de esta imagen, hubo vientos variables de 2 a 7 metros por segundo en dirección Noreste, que provocó el desplazamiento de crudo en esta dirección contaminando zonas situadas más al norte del Cabo Prior, las cuales pueden ser observadas perfectamente en la imagen.

A fin de comparar realísticamente la extensión de la marea negra en la imagen del 13 de diciembre, hemos incluido en este estudio una imagen con anterioridad al accidente, eligiéndose la del 4 de octubre que fue obtenida por el satélite ERS-1 casi dos meses antes del accidente y donde claramente puede observarse la ausencia de fenómenos oceanográficos que quedaran registrados en negro (amplias zonas de calma, fenómenos biológicos de superficie, etc.) que pudieran haber creado confusión en la interpretación de la imagen del 13 de diciembre. Tan sólo pueden observarse en esta imagen unas zonas muy reducidas en negro en el fondo de las rías correspondientes a zonas de calma.

El observatorio meteorológico de La Coruña, registró el 4 de octubre velocidades del viento que oscilaron a lo largo de este día entre 3 y 6 metros por segundo, las cuales entran dentro del rango de condiciones favorables descritas en la sección anterior, para que las imágenes SAR presenten una información realista.

De las zonas claras y oscuras en la topografía de esta imagen, se deduce que la iluminación del haz de radar estaba dirigido hacia el oeste y por lo tanto subperpendicular a la dirección del oleaje observado en la imagen, que es la mejor disposición para identificar cualquier tipo de fenómenos marítimos mediante imágenes de radar.

En comparación con la imagen de radar del 13 de diciembre, esta imagen del 1 de enero muestra que la marea negra se fue desagregando y separándose en varias manchas de menor tamaño. Una de estas manchas se concentra en el sudoeste, alrededor de la Punta de las Olas, Punta de San Adrián, Islas Sisargas y proximidades de Malpica. Existe otra imagen de radar de esta última zona y de esta misma fecha que confirma estas observaciones y que será comentada posteriormente. También persiste una extensa mancha en la Bahía de La Coruña y hacia el Norte, así como en la Ría de La Coruña y la Ría de Betanzos.

Las velocidades del viento en este día oscilaron entre 2 y 4 metros por segundo.

Lo más destacado de esta imagen de radar es el detalle conseguido en el registro y orientación del oleaje que ilustra muy bien las aplicaciones oceanográficas del radar. En este caso se puede apreciar nítidamente el modelo de refracción del oleaje en toda la imagen y particularmente dentro de las rías. El intenso oleaje captado por esta



IMAGEN SAR / ERS-1; 1 DE ENERO 1993 - LA CORUÑA
Muestra la contaminación de la marea negra desde Malpica a La Coruña

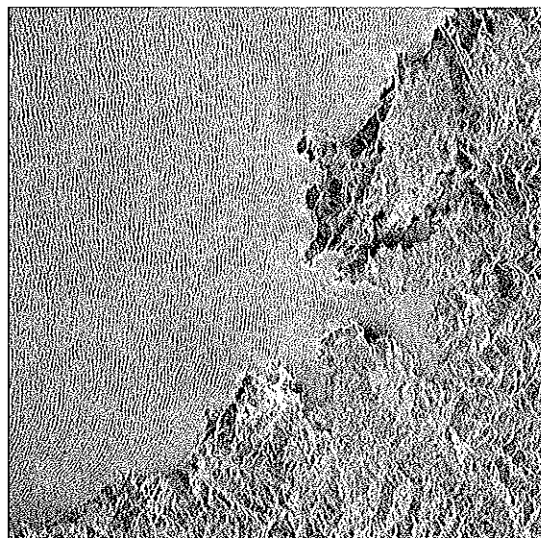


IMAGEN SAR / ERS-1; 17 DE ENERO 1993 - LA CORUÑA
Muestra el modelo de refracción del oleaje en las Rías Altas. La intensa actividad del oleaje
causada por el mar de fondo, impide observar la contaminación en esta fecha

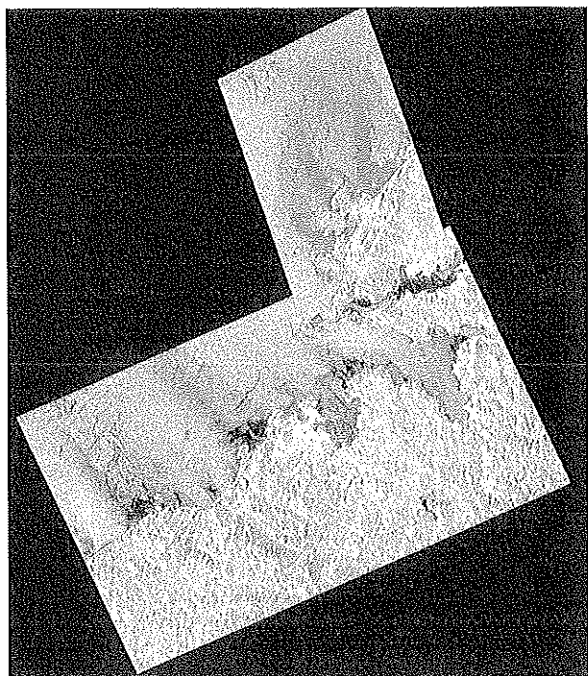


IMAGEN SAR / ERS-1; 8 DE FEBRERO 1993 - LA CORUÑA
Indica diversas zonas separadas de la marca negra en las proximidades de La Coruña

imagen de radar ha sido generado por un mar de fondo originado a mucha distancia del litoral gallego (swell seas) que normalmente son debidos a grandes tormentas. Esta intensa actividad del oleaje es independiente de las condiciones locales. En este día la velocidad local del viento osciló entre 3 y 6 metros por segundo.

En esta imagen el radar no ha identificado la extensión de la marca negra porque la intensa actividad del oleaje originado por el mar de fondo ha originado unas fuertes reflexiones de la energía de radar incluso en las zonas que estaban contaminadas. Esta explicación tan rotunda está corroborada en la imagen obtenida por el satélite ERS-1 en la pasada del 8 de febrero que muestra nítidamente que incluso en esta fecha todavía permanecían zonas contaminadas en las proximidades de La Coruña.

La iluminación del haz de radar en la imagen del 17 de enero también está inclinada hacia el Oeste.

Esta imagen muestra claramente las zonas contaminadas en esta fecha concentradas en las proximidades del Cabo Prior, Punta Rasa, Ría de La Coruña, Punta del Salto y Pun-

ta de las Olas. La morfología de todas estas manchas es coincidente, son más anchas en las proximidades de la costa y se alargan haciéndose más estrechas mar adentro, a medida que las manchas se alejan de la costa van perdiendo su carácter homogéneo deshaciéndose en bandas o cintas irregulares mar adentro donde probablemente el espesor es mínimo.

De la orientación de las zonas de luz y sombras, se deduce otro aspecto interesante de esta imagen, que es la iluminación del haz de radar dirigido, al contrario que las imágenes anteriores, hacia el este. Por esta razón, la orografía tiene un aspecto diferente al de las imágenes anteriores al resaltar diferentes zonas topográficas cuyos taludes reciben "iluminación directa" y quedar como zonas de sombras las que en las imágenes anteriores estaban iluminadas. También es interesante resaltar que como resultado de esta iluminación, los taludes topográficos situados subperpendicularmente al haz de radar aparecen más brillantes que los situados en ángulos más oblicuos.

La ciudad de La Coruña y otras poblaciones aparecen muy brillantes en la imagen debido a la gran dispersión de energía radar de los edificios. La zona del puerto de La Coruña, ha sido registrada en la imagen de radar con gran detalle.

En cuanto a la identificación de crudos, el hecho de que el haz de radar esté dirigido hacia el este ha permitido una iluminación óptima en este caso, al estar las zonas contaminadas más cerca del borde próximo del haz inclinado del sensor, favoreciendo un mejor contraste entre crudos y las zonas sin contaminación, *ya que en este caso el haz de radar incide con un mayor ángulo sobre la superficie del mar que en las imágenes anteriores*. Esta iluminación del haz de radar, también ha permitido obtener un fino detalle en el oleaje de las zonas no contaminadas. Este oleaje desaparece en las zonas contaminadas al no existir en estas zonas las ondas de capilaridad por efecto de la tensión superficial de los crudos. *La dirección del oleaje es subperpendicular a la iluminación del haz de radar. Esta circunstancia, ha permitido una mejor identificación de las zonas contaminadas*. La velocidad del viento en este día, osciló entre 2 y 4.5 metros por segundo.

Esta imagen de radar del día 8 de febrero 1993 en las proximidades de La Coruña, es la última de las disponibles para este estudio, en las que se registró contaminación de crudos. Por lo cual podemos afirmar que por lo menos hasta esta fecha, las imágenes SAR detectaron la presencia de vertidos resultantes del accidente del petrolero "Mar Egeo".

Conclusiones

El presente estudio sobre la evolución de la marea negra causada por el accidente del petrolero "Mar Egeo" mediante imágenes SAR, ha permitido obtener las siguientes conclusiones:

- A. Las imágenes SAR del satélite ERS-1 han identificado la extensión y la evolución temporal de las zonas contaminadas por crudos en el litoral gallego, las cuales –según las imágenes disponibles para este estudio– se extendieron geográficamente, desde el lugar del accidente hacia el suroeste (zona de Malpica) y hacia el noreste recorriendo el litoral gallego hasta el cabo de Estaca de Bares y la ría de Viveiro. Algunas imágenes de radar presentan indicios de alejamiento de la marea negra mar adentro (Malpica, Estaca de Bares). En cuanto a su evolución temporal, la imagen ERS-1 del 8 de febrero de La Coruña todavía presentaba claros y abundantes indicios de los restos de la marea negra.
- B. Las imágenes de radar del satélite ERS-1 no pueden identificar cuantitativamente el espesor de las zonas contaminadas. Sólo pueden dar una orientación sobre la homogeneidad del vertido según los tonos de grises a negro. Dada la gran facilidad con la que vertidos de muy escaso espesor eliminan las ondas de capilaridad de las olas, lo cual permite su identificación, es muy probable que una gran proporción de los vertidos identificados por radar sea de un espesor reducido.
- C. La identificación de vertidos mediante sensores de radar depende de factores ambientales entre los que destacan la velocidad del viento. La interpretación de la identificación y evolución de los vertidos en diferentes zonas del litoral gallego, se ha realizado teniendo en cuenta la velocidad del viento, que generalmente osciló entre la zona de transición (2-4 m/s) y la zona óptima de identificación entre 4 y 9 m/s.
- D. Las diferentes imágenes de radar examinadas indican que la identificación de vertidos es óptima cuando el haz inclinado de radar incide subperpendicularmente a la dirección del oleaje y cuanto más cerca esté el borde próximo del haz de los vertidos (formando mayor ángulo con la superficie del mar).
- E. Puesto que el satélite ERS-1 está actualmente en una fase en que sólo visita la misma zona cada 35 días, es aconsejable en futuras labores de vigilancia de vertidos el complementar las imágenes de satélites con servicios de radar lateral (SLAR) desde aviones que además pueden cuantificar el espesor de los vertidos intencionados de petroleros con equipos adicionales de escaners de radiaciones ultravioleta e infrarrojos.

Esta integración de sensores de satélite y aerotransportados sería especialmente aconsejable en un litoral tan extenso como el de la costa española para reducir costos y disponer de un sistema eficaz de vigilancia contra vertidos. INFOCARTO S.A. ha propuesto un proyecto bajo este planteamiento al programa **Environment** de la Unión Europea.

Agradecimientos

Este estudio forma parte de un proyecto sobre el seguimiento de la marea negra de La Coruña propuesto por INFOCARTO S.A. a la Dirección General de Política Ambiental del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.

Bibliografía

- ERDAS, 1992, ERDAS:** Radar Module; IMAGINE v. 8.0.1. 50 pags. Atlanta. GA.
- ESA.:** 1992. Informe no publicado sobre la marea negra del "Mar Egeo".
- ESA SP.:** - 1148, 1992. ERS-1 User Handbook. European Space Agency, Paris.
- Galli de Paratesi, S.R. 1992. Remote Sensing for Surveillance of Oil Spills in European Marine Environments. En Geo Observateur-Marisy 92- Rabat. pp 229-240. Royal Center for Remote Sensing. Rabat.
- Sorensen, B.M.:** 1993. The European Operational Airborne Oil Pollution Surveillance Scenario. First Thematic Conf. on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments, New Orleans.

