



# Las actividades espaciales como servicio a la industria de los hidrocarburos

Por Carlos Emilio Moyano

***El aumento de la eficiencia en la industria en general y en la de explotación de recursos naturales en particular es mandatorio, involucrando el empleo de técnicas modernas de adquisición de datos y de manejo de la información.***

***En particular, la información obtenida por plataformas espaciales puede ser usada en la industria de manera provechosa en la búsqueda de este objetivo.***

*Carlos Emilio Moyano realizó estudios de grado en la Universidad Nacional de Córdoba y de posgrado en Munich y Buenos Aires, donde obtuvo su Doctorado en Ciencias Físicas. Ha trabajado en procesamiento digital de datos, modelado y optimización, en Astrofísica y Geofísica. Trabajó en problemas de magnetotelúrica y de transientes electromagnéticos. Su interés actual es la aplicación de redes neuronales a la clasificación de imágenes satelitales y a la detección automática de patrones estructurales. Actualmente, está encargado de la actividad Minería y Petróleo en la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE).*

**E**n torno de la tierra orbitan alrededor de ocho mil objetos, de ellos unos dos mil son cargas útiles y seis mil son restos de satélites artificiales. Entre los primeros, algunas decenas están dedicados a la evaluación de recursos naturales. Estos adquieren datos sobre el estado de la superficie terrestre, la atmósfera y los mares y lo hacen en forma remota, razón por la cual se emplea el término de teledetección (*remote sensing*) para este tipo de mediciones.

El objetivo de colocar satélites en órbita para la observación de recursos naturales fue reemplazar la fotografía aérea tradicional, que se había manifestado como útil para el mapeo de estructuras geológicas.

En la actualidad ha crecido la preocupación por las consecuencias ambientales de la actividad humana. Estas consecuencias son globales y por lo tanto, extensas, por lo que las plataformas espaciales son especialmente adecuadas para su evaluación.

Estas características han sido consi-

deradas tanto por las agencias espaciales como por empresas privadas y se están desarrollando y planificando programas de detección de contaminación ambiental y satélites de evaluación de recursos naturales, que cada vez tienen mayor precisión.

Un producto inmediato de la actividad espacial es la imágen obtenida por satélites mediante técnicas pasivas (rango espectral óptico e infrarroja) o activas (radar, microondas). En ambos casos el resultado es análogo a una fotografía, cuyas coordenadas espaciales corresponden a lugares en la superficie terrestre y cuyo ennegrecimiento es proporcional a la reflectancia en cada una de las bandas espectrales consideradas.

Es notable que la mayoría de los sensores situados en plataformas espaciales tienen rangos espectrales, que no solo abarcan el rango visible, sino que se extienden hasta el infrarrojo cercano y en algunos casos hasta el térmico. De esta manera se tiene más que una fotografía y en realidad se obtiene una fotografía para cada banda espectral.

O sea que en definitiva un satélite "ve" más que un ojo humano. Por ejemplo, para el Landsat MSS se tienen cuatro bandas espectrales y para el Landsat TM, siete.

La manera tradicional de obtener una imagen en colores es conectar cada una de las bandas espectrales a cada uno de los cañones de color del monitor de la computadora.

## Imagen de la misma zona con resoluciones de 30 m, 10 m y 3 m.



Entonces los tres colores: azul, verde y rojo se suman y dan la imagen en colores. Pero con las imágenes satelitales se obtienen hasta, como dije, siete bandas espectrales y se están realizando experimentos con 256 bandas espectrales. Estas bandas se pueden combinar entre sí de manera de resaltar diferentes minerales o vegetación o clasificar de acuerdo con el contenido mineral o hasta de la temperatura superficial. Este procesamiento de imágenes, el realce de estructuras que se puede realizar, la identificación de constituyentes, y el no menos importante análisis morfológico de las estructuras realzadas, han devenido en una especialidad científica y en industrias, que junto con los llamados sistemas de información geográfica, llegan a estar entre las primeras treinta productoras de *software* a nivel mundial.

Los radares de apertura sintética SAR son instrumentos de microondas que envían señales pulsadas a la tierra y procesan los pulsos reflejados recibidos. Tienen la ventaja de no depender de la iluminación solar para realizar sus mediciones. De la misma forma, la radiación de microondas puede penetrar las nubes y no alterar sus mediciones por niebla u oscuridad.

Desde las plataformas espaciales se pueden realizar tres tipos de mediciones en distintas porciones del espectro electromagnético; una es el reflejo de la radiación solar, otra la medición de la radiación térmica que se emite naturalmente por la tierra, y la tercera, las microondas. Además se pueden usar las microondas para tener mediciones precisas del nivel del mar, con la importancia que veremos luego.

La resolución que se debe utilizar depende del problema por resolver. Por ejemplo, si se quiere distinguir un camión de un auto, se usa una resolución de tres metros; si se quiere distinguir un automóvil de una motocicleta, la reso-

lución necesaria sería de 1 metro. Desde luego que con una imagen con resolución de 30 metros no podríamos distinguir ni el camión ni el auto.

La Figura 1 es una simulación de una vista del Early Bird que la empresa Earthwatch tiene previsto lanzar y que posee un tamaño de pixel (*picture element*) de 3 metros o sea que el tamaño mínimo que debe tener un objeto para

ser distinguido debe ser de 3 metros por 3 metros.

Es importante destacar que hasta el año 2001, o sea de aquí a cinco años, sólo Japón pondrá en órbita 19 satélites. Menciono este dato para dar una idea de la revolución que está por venir.

Muchas acciones de la actividad espacial llegan a pasar desapercibidas en nuestros días debido a su cotidianeidad pero como ejemplo, gracias a los satélites que integran el sistema de posicionamiento global (GPS), todo punto en la superficie terrestre puede ser ubicado con precisión de 30 metros en una me-

Fig. 2

## Imagen y mapa geológico del sinclinal de Oksapmin de Sar.

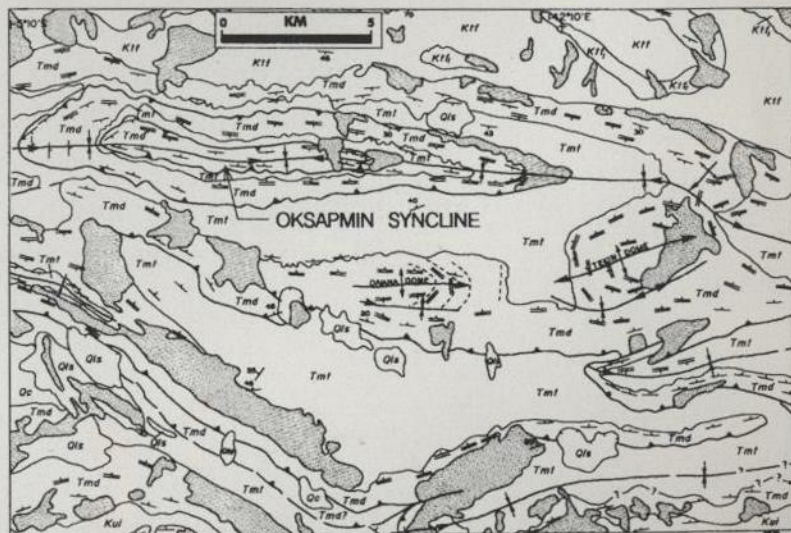


Fig. 3

Esquema de influencia de estructura del fondo marino en superficie.

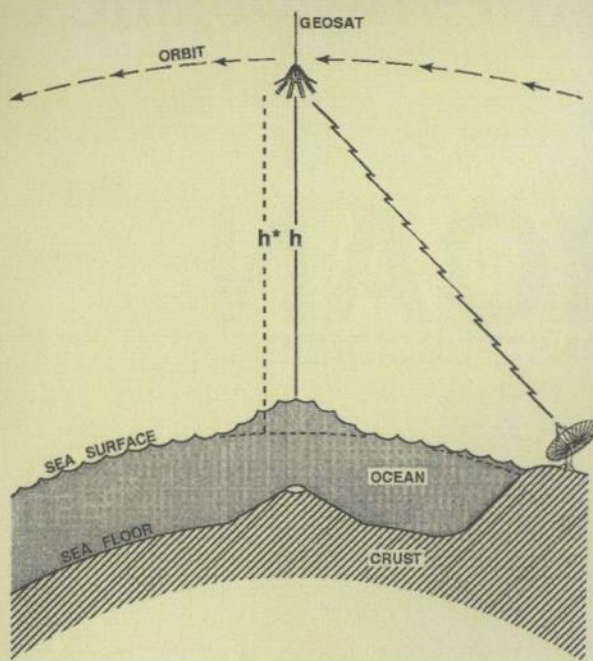
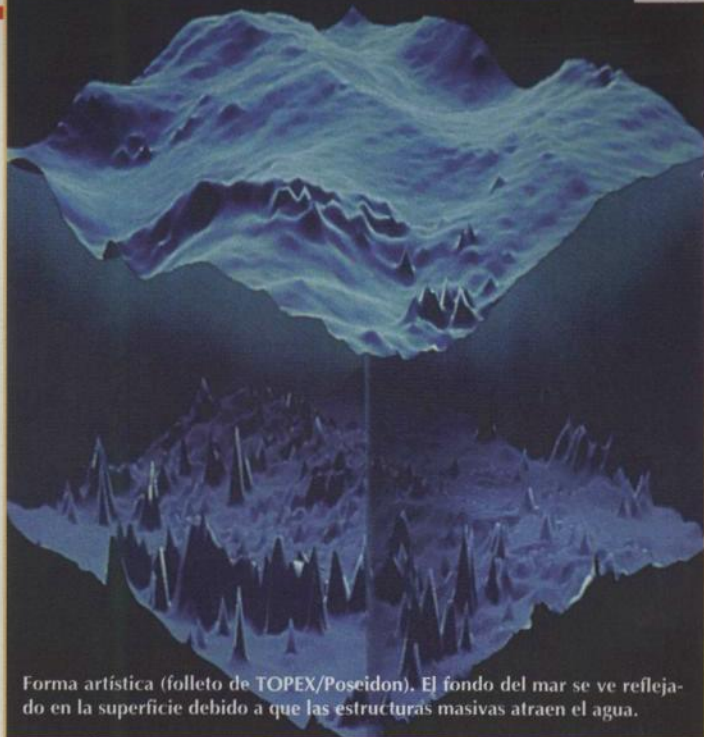


Fig. 4



Forma artística (folleto de TOPEX/Poseidon). El fondo del mar se ve reflejado en la superficie debido a que las estructuras masivas atraen el agua.

dición que dura pocos segundos y con ayuda de dispositivos de muy bajo costo. Realizando combinaciones de estos dispositivos se llega a precisiones del orden de los centímetros.

Además el empleo de altimetría de precisión por radar permite hacer inferencias de estructuras del fondo marino. Asimismo se puede hacer inferencias equivalentes a estudios gravimétricos

simplemente observando la altura promedio del nivel del mar con precisión de tres centímetros (Petrosan).

Finalmente la integración de los datos es decir de la imagen superficial

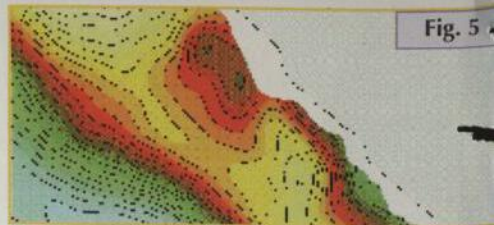
## TUBERIAS EPOXI-FIBRA DE VIDRIO COMBATIENDO LA CORROSION AGUA - PETROLEO Y GAS

**REPSA**  
REINFORCED PLASTIC S.A.

BAJO LICENCIA

**SMITH**  
FIBERGLASS

Capitán Juan de San Martín 2251 - (1609) Boulogne - Buenos Aires - Argentina  
Tel.: (54-1) 710-0262 / 737-6990 Fax: (54-1) 737-6879



con otros datos provenientes ya sea de mediciones geoquímicas, geofísicas, como sísmica 3D y también magnetismo y gravimetría en una base de datos, permite tener elementos ulteriores para la toma de las decisiones.

El medio ambiente, tal como lo consideramos intuitivamente, es el lugar donde se desarrollan las actividades humanas y es una pequeña capa de unos kilómetros hacia arriba y hacia abajo de la superficie terrestre. Por lo tanto, es una variable extensa, es decir que se puede aproximar bien por una superficie. Esta superficie es especialmente adecuada para ser observada desde satélites. La agencia espacial norteamericana NASA así lo ha entendido y desarrolla a nivel mundial la Misión al Planeta Tierra (MTPE) que con una inversión de once mil millones de dólares involucra el lanzamiento de varios satélites para la evaluación y la vigilancia de los recursos naturales.

La actividad espacial provee entonces de datos que permiten definir un estado actual del medio ambiente.

Para manejar esta cantidad de información hace falta el uso intensivo de recursos computacionales y matemáticos. Ya se habla de inundación de datos. Hay que tener en cuenta que una escena de imágenes LANDSAT, que abarca unos 180 kilómetros por 180 kilómetros, ocupa 230 Mb de lugar en disco rígido. Si se quiere combinar esta imagen con una de satélite SPOT por ejemplo que tiene aproximadamente 100 Mb, más alguna operación de realce o clasificación (técnicas de procesamiento de imágenes) rápidamente se llega a ocupar 2 Gb (Gigabytes) de espacio en disco. Hoy en día, un disco rígido de esa capacidad es de bajo costo. Por lo tanto, es el momento en que esta tecnología está accesible debido al explosivo desarrollo de las computadoras con la consiguiente capacidad de manejo de imágenes y gráficos.

Esta actividad está acompañada por un desarrollo de algoritmos (procedimientos de cálculo) matemáticos para el tratamiento de matrices, que permi-

ten en algunos casos convergencias de cálculo espectaculares, como son de tres órdenes de magnitudes por iteración, es decir que entre una aproximación y la siguiente, la precisión aumenta mil veces. Estos algoritmos están incorporados en sistemas producto de procesamiento de imágenes cuyos soportes de *hardware* se extienden desde PC, pasando por *workstation* hasta *main frames*.

### Espacio, petróleo y geología

¿De qué manera se puede entonces auxiliar desde plataformas espaciales a la actividad petrolera? Los datos espaciales proveen una visión previa de muchas partes del mundo que no están mapeadas y que tienen un alto potencial para acumulación de hidrocarburos.

Estos datos pueden ser útiles en la actividades de prospección, terrestre y marina, producción y control de contaminación.

### Prospección terrestre

Como una ayuda accesoria a la prospección se puede mencionar la detección de fallas, alineamiento, anticlinales. Podemos mencionar un ejemplo en Colombia, donde se licitaron áreas nuevas, con cero de información. Las estructuras de interés estaban oscurecidas por una espesa cubierta vegetal y se pudieron observar con radar. De estos datos se pudo observar la presencia de una falla inversa y un anticlinal volcado.

En la faja fallada y plegada de Papúa Nueva Guinea, la teledetección ha sido una parte indispensable del proceso de exploración debido a lo remoto y escabroso (*rugged*) del terreno.

Usando fotointerpretación estereoscópica de imágenes de radar de apertura sintética (SAR) para el mapeo litoestratigráfico e integrando con datos geológicos de superficie, sísmica muy limitada y secciones estructurales balanceadas, se facilitó la documentación de estilos estructurales.

En la Figura 2 se presenta una imagen de radar con su interpretación geológica.

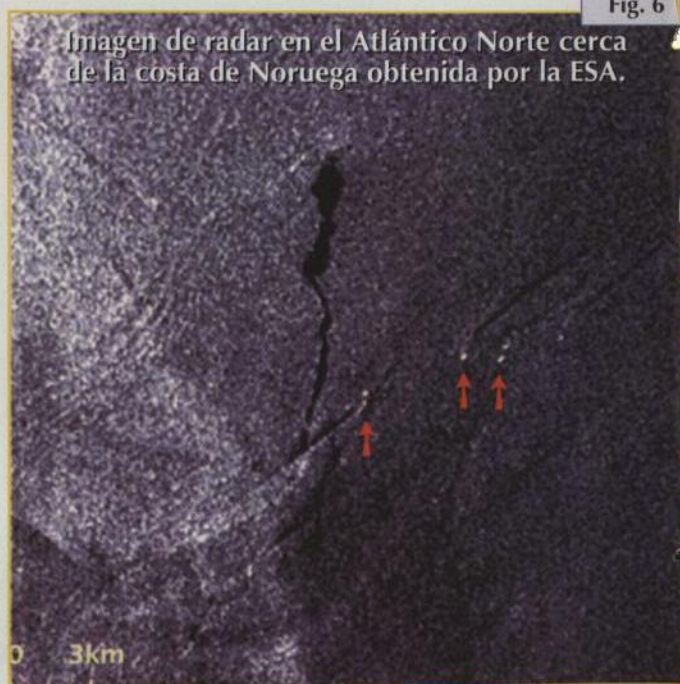
Las imágenes satelitales tienen mucha información y mediante una observación sagaz se pueden descubrir detalles que permanecían ignorados. Es relativamente sencilla la clasificación de estructuras expuestas y no lo es tanto para estructuras enterradas. Aun así la observación de patrones de drenaje angulares, por ejemplo, da pautas para la caracterización de estructuras subyacentes.

Diferentes estilos estructurales presentan patrones superficiales distintos.

Debido a que de los datos espaciales se pueden obtener modelos digitales de elevación del terreno por medio de plataformas con capacidad estereoscópica, se puede planear apoyo a la logística de

Fig. 6

Imagen de radar en el Atlántico Norte cerca de la costa de Noruega obtenida por la ESA.



## La CONAE

La Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) está encargada por ley de llevar a cabo el Plan Espacial Nacional. En este sentido, se está instalando una estación terrena que estará en operación a comienzos de 1997 en el centro espacial Teófilo Tabanera en La Falda del Carmen, Córdoba. Allí se recibirán imágenes, en principio de los satélites Landsat, ERS e hindúes, que se preprocesarán y se entregarán con controles de calidad equivalentes a los de centros mundiales de datos.

El satélite de construcción argentina SAC-C, cuyo lanzamiento está previsto para 1999, lleva entre sus instrumentos un barredor multi espectral de resolución media para la evaluación de recursos.

prospección sísmica, diseño de campañas, caminos, etcétera.

En Yemen, la clasificación de imágenes, con la ayuda de modelos, permitió evitar realizar la campaña sísmica sobre formaciones con mala respuesta de geófonos.

### Prospección en el mar

Existen además una serie de satélites (Geosat, Ers1, Topex/Poseidon) que miden exactamente la altura del mar (+3 cm). La superficie marina mimetiza el fondo marino, esto se puede ver en forma de esquema en la Figura 3 (D.T. Sandwell, Scripps Institution of Oceanography & W.H.F. Smith, NOAA Geosciences Laboratory).

De la elaboración de estos datos se pueden realizar mapas gravimétricos del fondo marino como se aprecia en la Figura 5 (Petrosan).

Por otra parte el petróleo flotando en el agua es fácilmente detectable por medio de la técnica de radar, ya que el derrame produce zonas de "tersuras", donde no hay olas. La señal de radar es reflejada por estas superficies lisas y no alcanza el detector, por lo que estas zonas aparecen como negras en la imagen de radar.

Es muy importante el uso de esta técnica para la detección de contaminación por barcos. Para tener una idea de la sensibilidad del método, basta decir que

en un experimento se detectó desde un satélite la mancha producida por 300 litros de aceite.

Digamos al pasar que también se detectan tersuras naturales. En la Figura 6 se observa una imagen con manchas de contaminación.

### Producción

En Canadá se ha usado teledetección desde plataformas aéreas para la búsqueda de agua para perforación con sensores funcionando en el infrarrojo térmico.

Otra aplicación importante es la georeferenciación de imágenes, que permite mejorar la ubicación geográfica de pozos en yacimientos.

También el monitoreo *in situ* en yacimientos con sensores ambientales adecuados puede ser una posibilidad de aplicación de técnicas espaciales.

Ciertos sensores permiten la obtención de una visión estereoscópica. Esto posibilitará la realización de modelos

digitales de terreno, con los cuales se pueden realizar modelos de desarrollo de ductos para simular el impacto ambiental visual de los mismos, o para tener en cuenta aspectos ecológicos, que a la vez también presentan su huella en imágenes de satélite.

Estos ejemplos desarrollados bastan para poder observar que la tecnología espacial está, es sólo cuestión de adoptarla.

### Satélites dedicados a la observación de la tierra

Landsat-MSS; Landsat-TM, Spot 1, 2, 3; SPOT 4-Vegetation; SAC-C; JERS1-OPS; NIMBUS-CZCS; CBERS-PAN-IRMSS; NOAA; MOMS-02.

Una descripción más detallada puede buscarse a través de Internet.



*Eficiencia  
en la Exploración y Producción  
de Gas y Petróleo*

La Rioja 301 - Buenos Aires - Argentina