

El **Dr. Morales** en plena campaña con los equipos montados en la cabina del barco.



# Aplicación de Técnicas de **TELEDETECCIÓN A LA CIENCIA MARINA**

Quizá los aficionados a la detección se sorprendan al conocer que existe una serie de equipos que funcionan con unos principios similares a los detectores con los que están familiarizados y que, usados desde embarcaciones, contribuyen al conocimiento de los fondos marinos, desde los puntos de vista geológico, ecológico y patrimonial. Sirva como ejemplo decir que estos equipamientos son los mismos que usó Odissey Marine Exploration para localizar, estudiar y recuperar los restos del buque Nuestra Señora de las Mercedes; operación que se vio sometida a una fuerte polémica y a un conflicto jurídico con España, al tratarse de bienes patrimoniales españoles; pero que sin embargo no está exenta de mérito dada la dificultad técnica que entraña la localización y el rescate a altas profundidades.

El objetivo de este artículo es dar a conocer estas técnicas entre los aficionados a la detección, técnicas

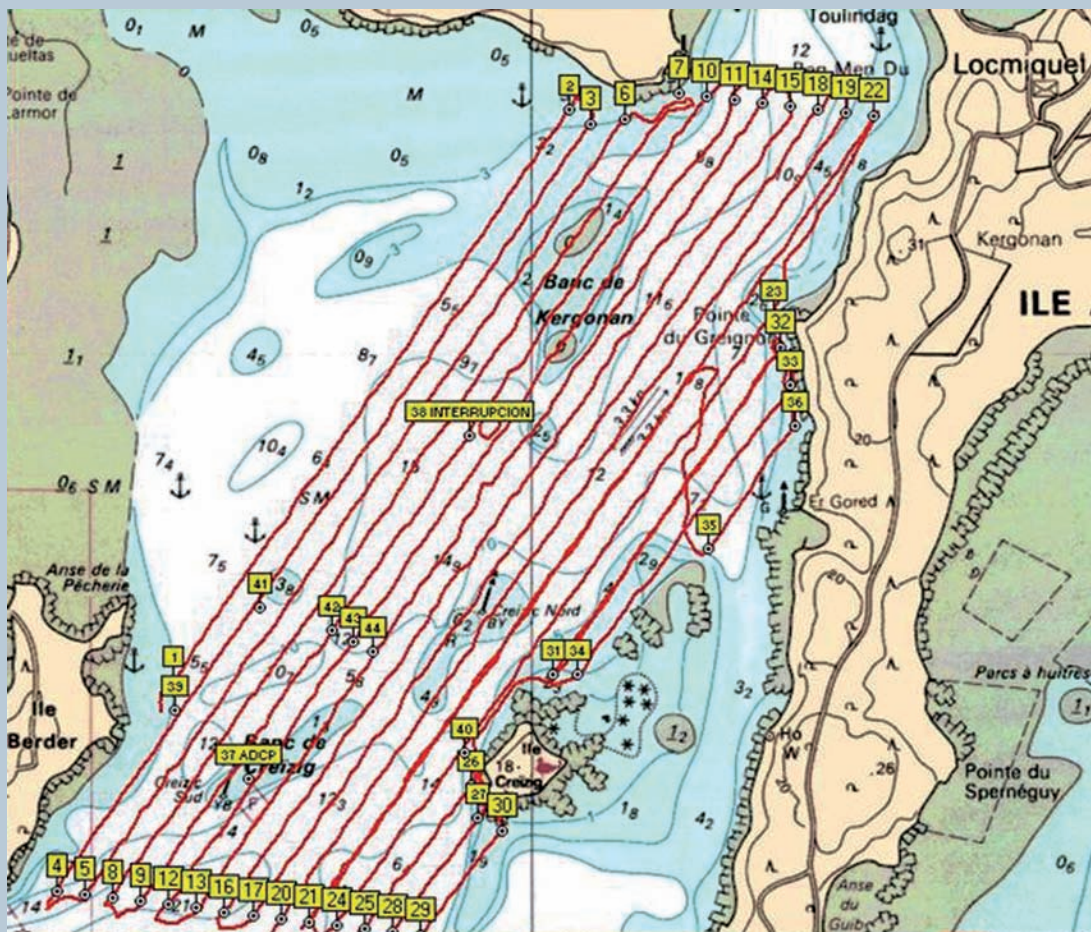
que, en su conjunto, son denominadas "teledetección" y forman parte del cuerpo de doctrina de la "geofísica marina". Quizá las tres técnicas más importantes sean el magnetómetro de protones, el sonar de barrido lateral y el perfilador sísmico. Cada uno de estos métodos puede ser considerado una técnica de detección en sí mismo, pero su uso conjunto constituye una herramienta potente para la localización de bienes patrimoniales en el fondo marino, bien se encuentren en superficie, bien enterrados, e igualmente si se trata de elementos metálicos como de elementos de otros materiales.

Los tres métodos tienen en común con la detección convencional el hecho de que persiguen la búsqueda de elementos ocultos a la vista del ser humano, así como que con ellos se persigue el barrido de amplias superficies durante el proceso de búsqueda. De igual modo, los detectores convencionales y los

[ **Dr. Juan Antonio Morales**  
Grupo de Geología Costera,  
Universidad de Huelva. ]

equipos de teledetección funcionan con unos principios físicos similares y su uso está regulado por la misma legislación. Sin embargo, existen diferencias en el empleo a nivel deportivo de los equipos de detección conocidos por todos y las campañas de teledetección que emplean la geofísica como parte del proceso de investigación.

Quizá la diferencia más significativa es la planificación de las campañas: mientras que el barrido con detectores convencionales se presenta como algo improvisado y sometido a la intuición del buscador, las campañas de teledetección persiguen el barrido sistemático de superficies, para no dejar ningún espacio sin registrar, de tal modo que estas



**LÍNEAS DE NAVEGACIÓN.**

Puntos de ruta y puntos de incidencias en sus coordenadas geográficas reales.

campañas requieren de una planificación previa muy detallada y del uso conjunto de sistemas de localización GPS acoplados a los equipos, de tal modo que nuestra posición estará en todo momento geo-referenciada. Otra diferencia importante es que en la detección convencional cualquier anomalía queda registrada al instante, de tal modo que la búsqueda en el interior del terreno se lleva a cabo de forma inmediata; por el contrario, la teledetección detecta anomalías que son registradas en modo gráfico digital en su posición precisa, de tal modo que estas anomalías son integradas en lo que se conoce como "mapas de anomalías" y la búsqueda se realiza con posterioridad, mediante inmersiones o el uso de robots teledirigidos en los lugares de coordenadas geográficas determinadas en estos mapas.

En España existe un pequeño número de empresas dedicadas a la teledetección, así varios grupos de investigación que utilizan estas técnicas con fines geológicos, ecológicos o arqueológicos. El Grupo de Geología Costera de la Universidad de Huelva, que dirijo, emplea estas técnicas desde 2001 y ha aplicado

las mismas en numerosos estudios científicos y aplicados por la administración para la adecuada gestión de los espacios subacuáticos en áreas costeras. En los últimos años se ha materializado una intensa colaboración con diferentes empresas y organismos para la aplicación de los métodos de teledetección en el ámbito patrimonial, que ha dado como resultado la cartografía arqueológica de la Bahía de Málaga, las costas de Ceuta, Huelva y Cádiz, donde se han localizado y estudiado numerosos hallazgos patrimoniales, tanto embarcaciones hundidas (pecios), como elementos arquitectónicos. A continuación se describen los principios, las aplicaciones y las indicaciones más importantes para

cada una de las técnicas de detección abordadas.

**Magnetómetro de protones.**

Parece obvio empezar por esta técnica, ya que es la que presenta mayores similitudes con los detectores convencionales (que también son magnetómetros). El magnetómetro de protones permite registrar la distribución de intensidades del campo magnético del fondo marino, de tal forma que los elementos férricos cercanos a la superficie representan anomalías magnéticas que se registran como picos de una intensidad muy superior a la del entorno. El principio del magnetómetro es sencillo: el equipo genera un campo magnético que se suma al campo magnético terrestre, de



**MAGNETÓMETRO DE PROTONES.**

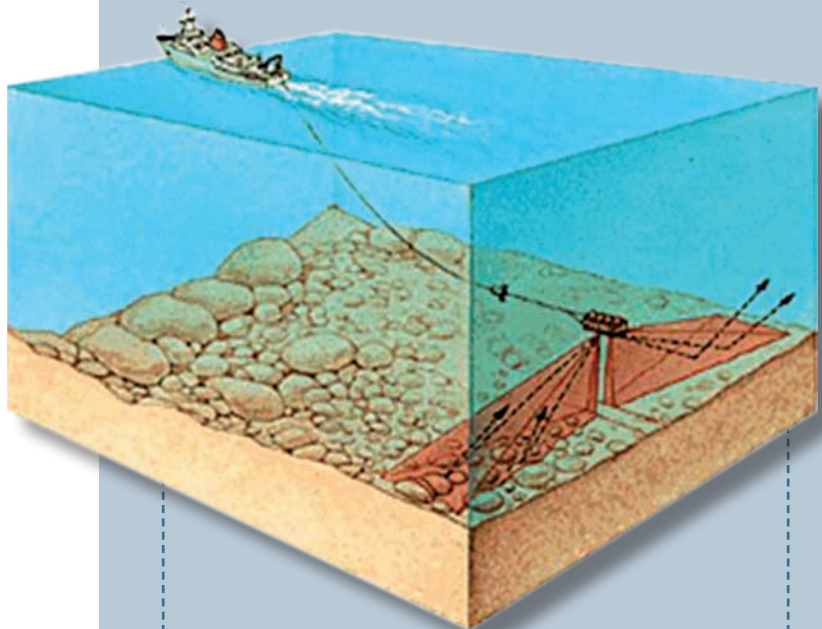
Modelo PROTÓN 4 de la marca JW FISHERS. Distribuida por EURODETECTION.com (MADRID)

## Técnicas de **TELEDETECCIÓN**

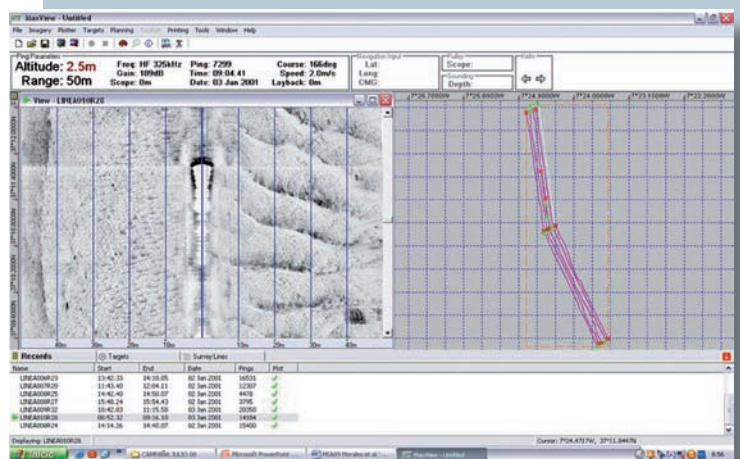
tal forma que los iones positivos (protones) contenidos en los minerales del terreno (y también los de los elementos anómalos) se orientan como pequeños imanes a favor de ambos campos y el equipo es capaz de medir esta respuesta del terreno ante el magnetismo inducido por él mismo. Obviamente, los elementos metálicos, especialmente los férricos, tienen una respuesta mucho más intensa y se detectan con facilidad. Los barcos construidos en metal, son los elementos más fácilmente detectados, aunque en los barcos de madera, elementos tales como cañones, clavos y monedas también son de fácil detección.

**Sonar de Barrido Lateral.** El Sonar de Barrido (Side-Scan Sonar) es un método acústico que consiste en el envío de un haz de pulsos acústicos de una frecuencia determinada que son reflejados en el fondo y vuelven al equipo con diferentes intensidades dependiendo de la naturaleza del terreno y de la orientación del fondo respecto a la embarcación. Este haz de pulsos hace un verdadero "escaneo" del terreno a ambos lados de la embarcación obteniendo una imagen nítida de los fondos. De esta forma se trata de una técnica óptima para detectar cualquier elemento (metálico o no) situado en la superficie del fondo marino. Determina, pues la posición de anomalías en la textura del fondo que emiten una respuesta acústica muy diferente al resto del fondo. La frecuencia acústica con la que trabajan estos equipos normalmente oscila entre 100 y 1000 Kilohertzios, teniendo la particularidad de que una mayor frecuencia permite una mayor definición, pero a la vez limita la amplitud del área cubierta hacia los lados de la embarcación. Por poner un ejemplo, trabajando en baja frecuencia podemos abarcar zonas de hasta 500 metros hacia ambos lados, mientras que con altas frecuencias se abarcarían sólo 25 metros por banda. El modo de empleo es sencillo: si nuestro objetivo es cubrir áreas amplias donde no conocemos la posición de los elementos patrimoniales trabajaremos con bajas frecuencias y amplitud máxima. Mientras que cuando se detectan anomalías concretas, puede hacerse un barrido de superficies más pequeñas y obtener un mayor detalle trabajando con alta frecuencia.

Un registro de sonar de alta definición es tan preciso como una fotografía y permite detectar forma y tamaño, así como área de



**SONAR DE BARRIDO LATERAL (Side Scan Sonar).** Principios operativos del Sonar de Barrido Lateral por reflexión en el fondo marino de dos haces de pulsos acústicos dependiendo de la naturaleza del fondo y de su morfología.



**VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS** en el software Max view: el sistema permite realizar medidas de dimensiones y alturas de los elementos del fondo.



**EJEMPLO DE REGISTRO CON ROCAS A LA IZQUIERDA Y FONDO SEDIMENTARIO A LA DERECHA. EN LA IZQUIERDA SE OBSERVA TAMBIÉN UN OBJETO ALARGADO APOYADO EN LAS ROCAS Y LA SOMBRA QUE ÉSTE PROYECTA.**

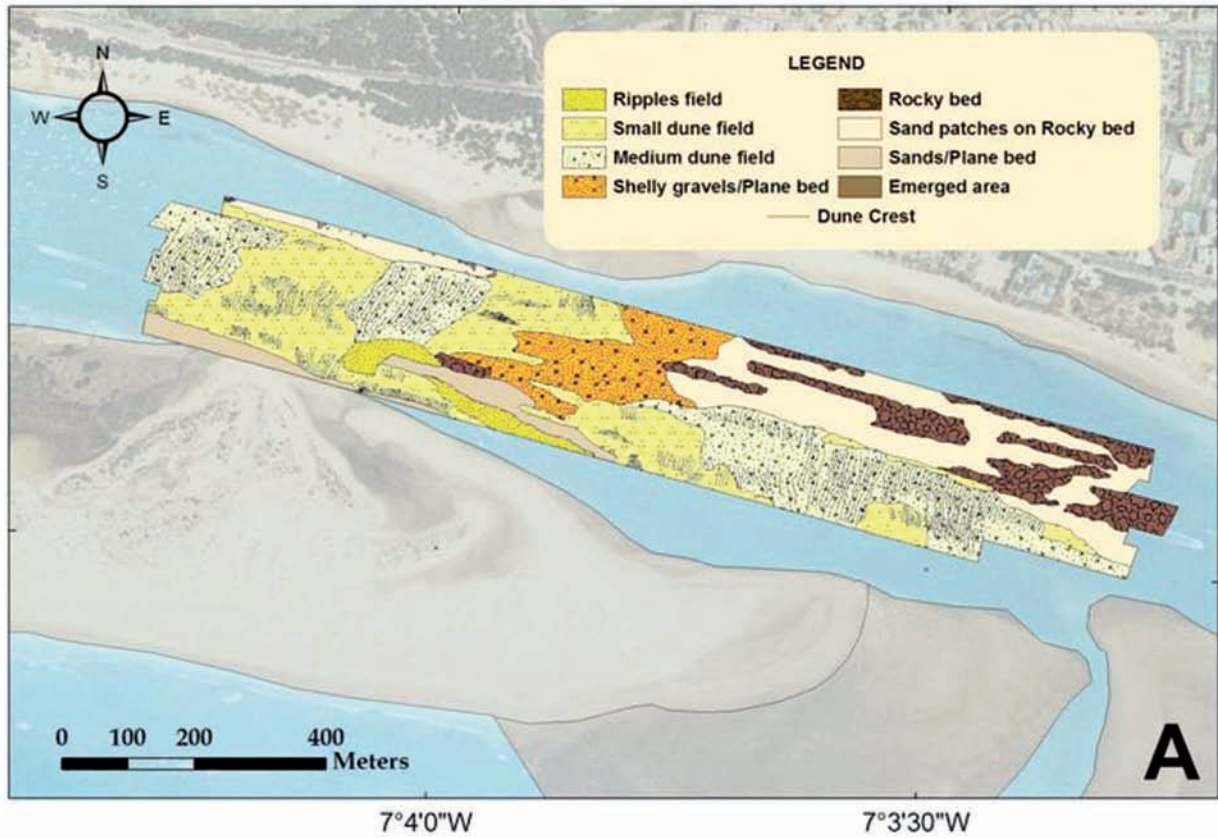
**EJEMPLO DE REGISTRO.**

**RECUERDA:** No contamines, mantén limpios campos y playas



**SONAR DE BARRIDO LATERAL.** Pez de Sonar de la Universidad de Huelva (Marca CMAX Modelo 2000)

**SONAR DE BARRIDO LATERAL.** Equipos montados en una embarcación de pequeñas dimensiones para el estudio de ZONAS COSTERAS SOMERAS.



**EMPIRE WARRIOR**

**CARTOGRAFÍA DE FONDOS.** Cartografía Geológica del fondo del Estuario del Río Piedras. Realizada por Irene Delgado, del Grupo de Geología Costera de la UHU.

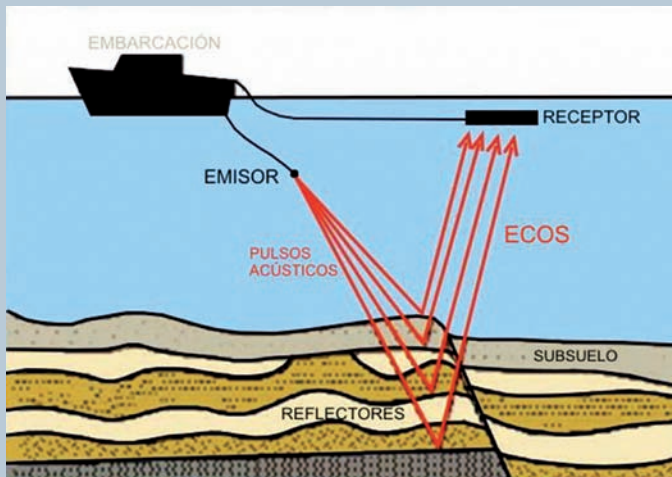
**EJEMPLO DE ANOMALÍA.**



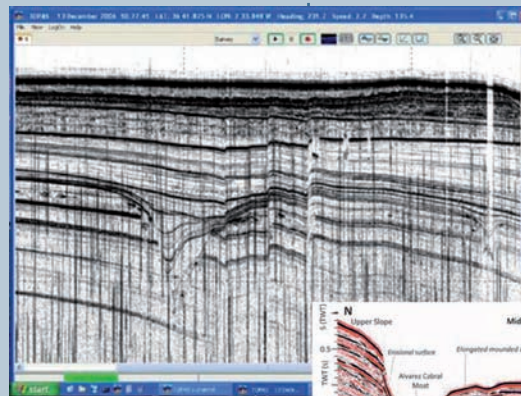
**PENETRADOR SÍSMICO EJEMPLOS DE REGISTRO. PERFILADOR SÍSMICO.** Marca EDGETECH 3100, Modelo SB-216S.



**EL EQUIPO DE GEOLOGÍA COSTERA DE LA UNIVERSIDAD DE HUELVA,** preparándose para una inspección visual.



**PENETRADOR SÍSMICO.** Ejemplos de Registro. Principios operativos de la sísmica de reflexión.



**PENETRADOR SÍSMICO.** Ejemplos de Registro

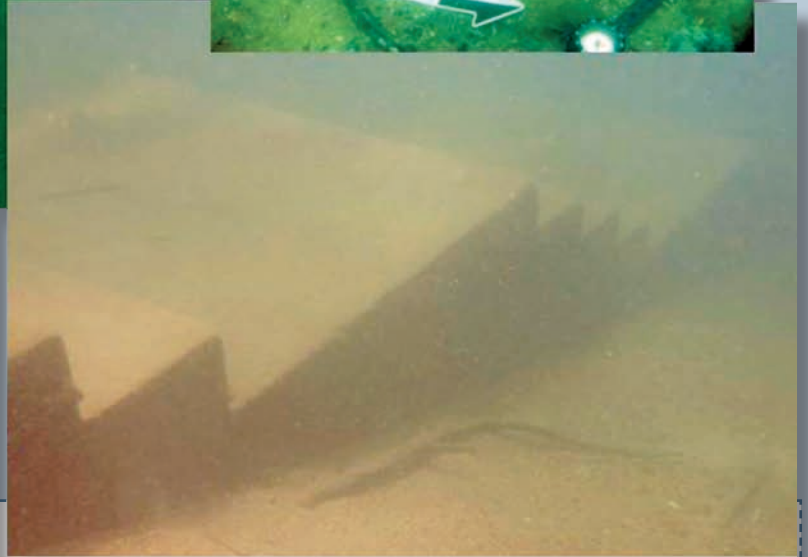
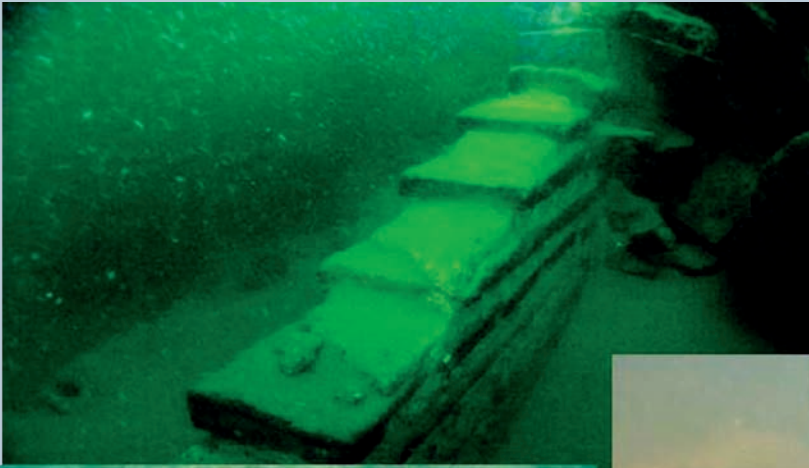
dispersión de objetos en la superficie del fondo.

**Perfiladores sísmicos.** Se trata de un conjunto de técnicas que tienen en común con el sonar la emisión de pulsos acústicos, aunque de una frecuencia menor (normalmente medida en hertzios), que en lugar de reflejarse en la superficie del terreno penetran en el mismo reflejándose en las superficies internas conocidas como reflectores. De este modo se trata de un método ideal para detectar profundidad y forma de elementos enterrados sean o no metálicos, ya que el resultado de los registros es un perfil del terreno que se visualiza de un modo similar al modo en el que se observa el perfil de una tarta, con las diferentes capas de bizcocho y

crema. Siguiendo este símil un elemento enterrado aparecería como el "haba" oculta en el roscón de reyes, totalmente anómalo respecto a la geometría de las capas del terreno. Aunque en arqueología son conocidos como "penetradores", se habla de perfiladores sísmicos, en plural, al existir un conjunto de diferentes técnicas para la emisión de los pulsos acústicos de diferentes frecuencias, de tal forma que frecuencias menores consiguen una penetración más profunda en el terreno, pero una menor resolución, mientras que las frecuencias más altas permiten observar con detalle capas más finas, pero alcanzando escasa penetración. No es objetivo de este artículo profundizar en cada uno de estos métodos, pero valga el ejemplo de que los equipos de

frecuencia más baja son los usados por las empresas petroleras para prospectar los márgenes marinos y pueden atravesar el registro sedimentario completo de las plataformas continentales alcanzando kilómetros de profundidad; por el contrario los equipos de frecuencia más alta son los usados en arqueología y dan una excelente definición de los metros más superficiales del terreno.

También existen otras técnicas de geofísica que pueden aplicarse en el medio terrestre, como el Geo-Radar, pero habrá que esperar a otro artículo para conocerlas.



**INSPECCIONES VISUALES.** Elementos reconocidos en inspecciones visuales de las anomalías detectadas mediante las campañas de teledetección.

