

LA TELEDETECCIÓN APLICADA AL ÁMBITO MARÍTIMO

Manuel TRUJILLO ALCARAZ

Fernando AGUSTÍN GÓMEZ



Agradecimientos al capitán de navío Tato Porto por la confianza depositada

Introducción



A información que se obtiene de las imágenes es fundamental en diversos entornos y, concretamente, la obtenida de fotografías aéreas para fines militares es una capacidad que se viene utilizando desde principios del siglo xx. Por ejemplo, en la Guerra de África o del Rif (1911-1927) que mantuvo España contra las tribus rifeñas rebeldes, ya se tiene constancia del uso de fotografías tomadas por aviones militares en misiones de reconocimiento para obtener información del adversario. Por supuesto, durante la Primera Guerra Mundial esta técnica también fue profusa, y en la batalla del Marne los reconocimientos estratégicos profundizaban hasta 50 km por detrás del frente, lo

cual supuso un hito hasta ese momento.

«La Fotointerpretación es un proceso a través del cual se trata de extraer la información contenida en las imágenes aéreas. Consiste, en definitiva, en examinar las fotografías con el fin de identificar objetos, determinar su importancia, observar los componentes del paisaje y evaluarlos con el propósito de obtener información de utilidad para la disciplina que utiliza esta técnica» (1).

(1) FERNÁNDEZ GARCÍA, Felipe: *Introducción a la fotointerpretación*. Editorial Ariel, septiembre 2000.

La fotointerpretación, aplicada a la función de combate de Inteligencia, es la técnica mediante la cual un operador (fotointérprete) identifica objetos, lugares e incluso actividades en una imagen. Además, puede contextualizar la imagen en el entorno, de forma que su informe (producto) sea útil para análisis posteriores. Por tanto, un buen fotointérprete es aquel profesional que domina la función de combate de Inteligencia y que usa la fotointerpretación para satisfacer las necesidades de información/inteligencia.

La evolución de esta disciplina ha generado desde hace algunos años confusión entre la fotointerpretación y la IMINT (*Imagery Intelligence*), quizá derivada del entorno operativo actual, ya que el actual espacio de batalla o teatro de operaciones de seguridad y defensa demanda la explotación mayor y más rápida de cada uno de los recursos.

Las técnicas originales para abordar el análisis de una imagen son las propias de la fotointerpretación; por ello, desde aquí se defiende la necesidad de conocer estas técnicas para poder progresar hasta llegar a la IMINT. La fotointerpretación se ocupa en puridad de la información que ofrece una imagen en concreto, y la IMINT la enriquece a través de otros medios. Sirva para ilustrar esta diferenciación la explicación recogida en un manual del Cuerpo de Marines de los Estados Unidos:

Imagery is a likeness or representation containing embedded positional data; it has not yet been analyzed or evaluated against other intelligence. Imagery intelligence, on the other hand, is the function performed by the G-2/S-2 that involves imagery analysis and integration with other intelligence-related activities to produce all-source intelligence products (2).

Obtención desde satélites

Las imágenes son un recurso a disposición del decisor para cumplir de la mejor manera la misión encomendada, e incide en todas las fases del ciclo de Inteligencia (Dirección, Obtención, Análisis y Difusión); pero donde más importancia adquieren son en las de Obtención y Análisis, aunque, si se menosprecia su papel dentro de las otras dos fases, la Inteligencia derivada de las imágenes no será útil o no se podrá usar. Así, en la fase de Dirección hay que tenerlo presente a la hora de poner a disposición del personal de la función de combate de Inteligencia medios de obtención de información y para expresar Necesidades Críticas de Inteligencia (NCI) que puedan derivar en Necesidades Prioritarias de Inteligencia (NPI) que finalmente se plasmen en el Plan Inicial de Inteligencia (PLIINT), y en la

(2) *Imagery Intelligence*. MCRP 2-10B.5, pp. 1-3. US Marine Corps.

fase de Difusión, por razones obvias, para que la información/inteligencia que se deriven de las imágenes pueda ser usada por los distintos estamentos de la organización.

Las imágenes satelitales tienen una característica que es poco habitual en la gran mayoría de los resultados que pueden obtener los medios, y es que a través de ellas se consigue información sin necesidad de desplegar medios sobre el terreno; no todos los medios de obtención de imágenes tienen esta ventaja, pero algunos, como los satélites, sí la tienen.

En la actualidad existen medios de obtención de imágenes que no necesitan de conocimientos de fotointerpretación para explotarlos, pero otros muchos sí los precisan. Por ello, en el futuro, dentro del ámbito de seguridad y defensa, el fotointérprete puro tendrá menos protagonismo, aunque de momento sea necesario conocer los fundamentos teóricos y tener la solvencia práctica suficiente en las técnicas de fotointerpretación para poder llegar a ser un analista IMINT. Actualmente, algunos productos de imagen son entregados a los analistas IMINT ya fotointerpretados mediante los sistemas de inteligencia artificial (AI), pero la realidad es que esto es sumamente costoso y está todavía en fase de perfeccionamiento, por lo que el analista IMINT tiene que seguir fotointerpretando las imágenes como primer paso y debe conocer las técnicas de teledetección si pretende explotar cada imagen con todas las posibilidades que estas ofrecen.

¿Qué es la teledetección?

Se pueden citar varias definiciones del concepto teledetección; por ejemplo, «Ciencia de adquirir e interpretar información sobre un entorno terrestre a partir de medidas realizadas sin establecer contacto físico con él» (3) o «Aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas» (4).

Este proceso de adquisición de información se realiza detectando y grabando la energía emitida o reflejada sobre los objetos y procesando, analizando y aplicándola al campo objeto de nuestro interés.

La teledetección espacial desde plataformas satelitales ofrece una serie de ventajas sobre la fotografía aérea clásica que van más allá de los costes y el tiempo; concretamente, dentro del ámbito de seguridad y defensa, permite obtener información e incluso inteligencia, como ya se ha mencionado anteriormente, de una forma discreta y sin arriesgar medios fuera del espacio de

(3) EGE-VA-004 *Fotointerpretación*. Mando de Adiestramiento y Doctrina. Ejército de Tierra.

(4) CHUVIECO SALINERO, Emilio: *Fundamentos de teledetección espacial*. Ed. Rialp, S. A.

batalla controlado por fuerzas propias. Sin ánimo de ser exhaustivos, entre las ventajas de la teledetección se pueden citar:

- Cobertura global y periódica de la superficie terrestre.
- Visión panorámica. La altura orbital del satélite permite detectar grandes espacios: por ejemplo, una fotografía aérea de 1:30.000 puede comprender 49 km², mientras que una imagen Landsat (5) nos posibilita contemplar 34.000 km² en una sola captación.
- Homogeneidad en la toma de datos. La imagen es capturada por el mismo sensor en una fracción muy pequeña de tiempo, lo que asegura la necesaria coherencia para abordar el análisis.
- Información sobre partes no visibles del espectro. La fotografía aérea convencional no suele obtener información de las regiones del infrarrojo cercano, medio o térmico. Además, tampoco es habitual que las aeronaves cuenten con sensores capaces de adquirir imágenes fuera del espectro visual, si bien muchas plataformas de nueva generación, entre ellos los RPAS MALE y HALE (6), los suelen equipar.

Por supuesto que la teledetección espacial no es excluyente, antes al contrario; se considera complementaria de la fotografía aérea y de cualquier otro medio de obtención de información que se pueda proyectar dentro del área de interés.

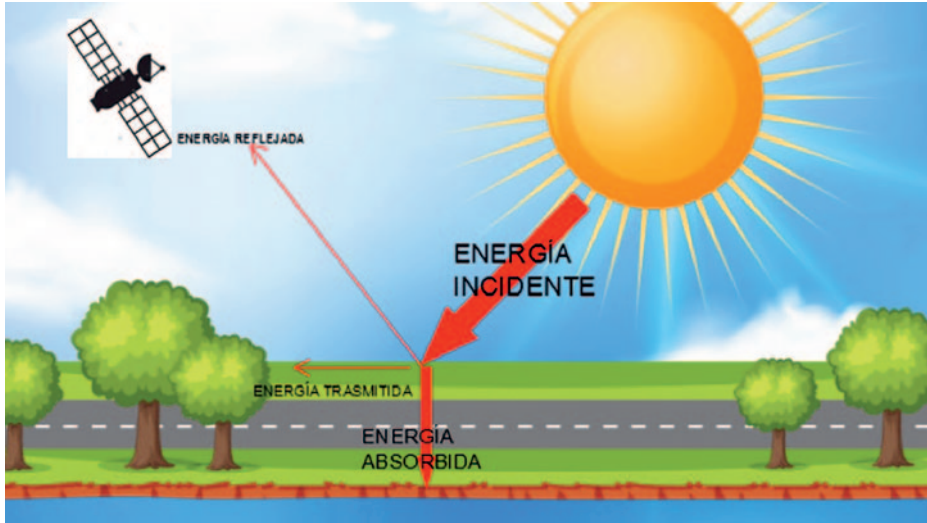
Tipos de sensores

Tal y como ha quedado expuesto, los sistemas satelitales de teledetección se componen de varios elementos (plataforma, sensor, fuente de energía y sistema de recepción); pues bien, he ahí la naturaleza de la teledetección, la energía. Todo objeto con temperatura superior al cero absoluto radia energía más intensamente cuanto mayor es su temperatura. Además, al aumentar esta, esa radiación será más intensa en longitudes de onda más cortas. Es decir, que hay tres formas de adquirir información a partir de un sensor remoto:

- Reflexión. La energía del Sol reflejada por los objetos (parte visible e infrarrojo cercano del espectro electromagnético).

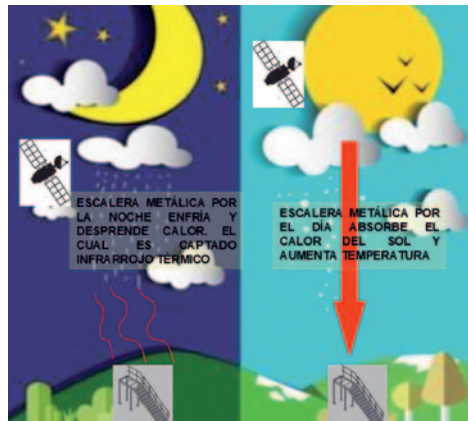
(5) Programa de observación terrestre patrocinado por la NASA desde 1972. *Landsat Homepage | Landsat Science (nasa.gov)*.

(6) RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*), MALE (*Medium Altitude Long Endurance*), HALE (*High Altitude Long Endurance*).



Funcionamiento de la reflexión

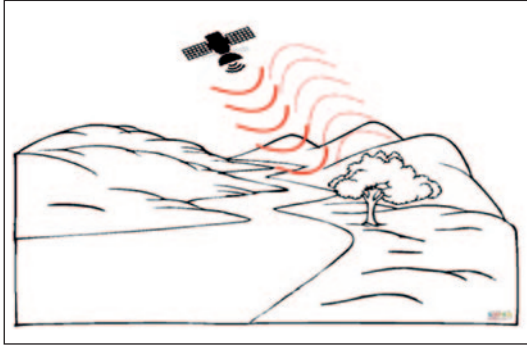
- Emisión. Los objetos desprenden calor (infrarrojo lejano/térmico).
- Reflexión-emisión. El sensor emite un impulso electromagnético (energía), que al «chocar» contra una superficie «rebota», y estas ondas «rebotadas» son captadas por el sensor; o dicho de una forma más exacta, opera a partir de la transmisión de un tipo de onda particular, detectando la naturaleza del eco de la señal.



Funcionamiento de la emisión

Aplicación de la teledetección al ámbito marítimo

La inconmensurable amplitud de la mar complica aún más la detección precisa de un buque. Además, en el ámbito marítimo se da el factor del estado de la mar (oleaje, viento en superficie...), que afecta negativamente y puede provocar la no detección de un buque e incluso un falso positivo.



Funcionamiento de la reflexión-emisión

Para ayudar a solucionar estos problemas está la señal AIS (*Automatic Identification System*) emitida por muchos buques, ya que superponiendo la capa de este tipo de señales en una imagen por satélite rápidamente se correlaciona su detección y localización.

El principal interés dentro del ámbito de seguridad y defensa es precisamente detectar los buques que no emiten la señal AIS, e incluso que por

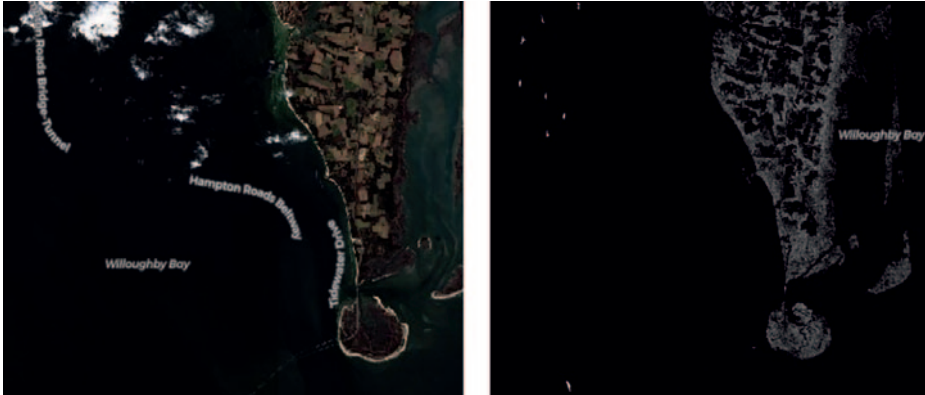
su pequeño tamaño o por su material de construcción (fibra, madera) son difíciles de localizar.

Por todo esto, el mejor método para detectar buques es el de reflexión-emisión, es decir, la detección radar. Obviamente, si conocemos la ubicación precisa de un barco que está fondeado, se puede aplicar el método de reflexión mediante la adquisición de una imagen óptica, pero este caso es poco frecuente en el entorno operativo habitual, exceptuando la información obtenida sobre puertos.

La labor de fotointerpretación habitual en el ámbito de seguridad y defensa será la localización de embarcaciones en movimiento con el método de reflexión-emisión mediante el radar. Esta tecnología es usada para situaciones habituales en la mar, como oscuridad (noche), niebla, lluvia, cobertura nubosa, etcétera.

En la imagen de la izquierda de la página siguiente, se puede observar una toma óptica, y a la derecha una radar (7) de la misma localización geográfica y del mismo día. En un análisis preliminar, la óptica podría generar dudas acerca de la presencia de embarcaciones o no; sin embargo, en la imagen radar se aprecian claramente las posibles embarcaciones en la mar. Además, con el tratamiento adecuado, las imágenes radar indican si existe movimiento relativo del objetivo debido al efecto Doppler. Cuando un objeto se acerca a nuestra fuente de emisión del pulso electromagnético, este efecto provoca un estrechamiento de la longitud de onda, y al contrario si se aleja. Este estrechamiento o alargamiento de la longitud de onda nos indica que es un objeto en movimiento y nos revela su velocidad.

(7) Ambas imágenes han sido extraídas del Sistema Copernicus (*Open Access Hub, copernicus.eu*).



Por todo esto, los criterios a tener en cuenta a la hora de teledetectar una embarcación en la mar se pueden resumir en los siguientes:

- Imágenes de la mayor extensión geográfica posible. Los satélites disponen de distintos modos de toma; algunos recogen muy poca extensión, pero a cambio tienen una gran resolución espacial (los objetivos se ven con mucho detalle), y otros alcanzan tomas de gran extensión geográfica, las cuales son las más apropiadas para poder detectar un buque, reduciendo el problema de lo inconmensurable de la mar.
- Tomar la imagen con el mayor ángulo de incidencia posible, es decir, 40° - 50° desde el punto cenital. Cuanto mayor sea el ángulo, mayores serán las posibilidades de que el rebote del radar ayude a detectar una embarcación. Si el ángulo de incidencia es pequeño — 25° - 20° —, la respuesta del rebote será muy uniforme en toda la extensión de la mar, y esto dificulta la detección de embarcaciones, y más si estas son de madera y fibra, tal y como quedó expuesto anteriormente.
- Los impulsos electromagnéticos pueden ser emitidos o recibidos en dos modos de polarización: vertical u horizontal. Es decir, en función del objetivo de nuestro interés, elegiremos una forma de realizar el pulso y otra de recibirlo. Para la detección de buques, la polarización cambiará en función de las circunstancias; por ejemplo, una imagen VV (8) será muy sensible al oleaje, dará rebotes fuertes en olas, pudiendo así camuflar barcos entre ecos de olas. En cambio una

(8) Tanto la emisión como la reflexión se producen en ondas verticales.

imagen HH (9) solo «impactará» en los buques, y las olas darán menos rebote, haciendo así más visibles a los barcos. Por otro lado, si el mar está muy en calma, sería mejor usar VV para localizar pequeñas embarcaciones, ya que no tenemos el problema de que se vea oculto el eco entre el oleaje, es decir, sin oleaje la geometría de la onda emitida en vertical puede detectar sin problemas un objeto, por el contrario con oleaje la geometría de una onda vertical puede verse afectada/neutralizada por la ola y no llegar a «impactar» en el objeto de nuestro interés. Lo que si es imperativo es que tanto la señal transmitida como la recibida se realicen en el mismo modo, es decir, VV o HH.

A modo de reflexión final

El tema expuesto en este breve artículo es de gran complejidad y está lleno de matices; sin embargo, la intención del mismo ha sido exponerlo de forma sencilla y en líneas generales al objeto de dar visibilidad a un medio —los satélites de observación—, aparentemente ajeno a nuestra conciencia colectiva como soldados y marinos, que es mucho más importante de lo que podríamos imaginar.

La observación terrestre desde el espacio es un ámbito que, si bien hace décadas se está explotando, quizás en los últimos tiempos es cuando más se está desarrollando, debido a diversos motivos, entre ellos, la entrada en funcionamiento del sistema europeo de observación de la Tierra Copernicus y la firme apuesta de otras potencias por hacer del espacio un dominio más del espacio de batalla (10).

Sea como fuere, las Fuerzas Armadas en general y la Armada en particular deben mantenerse en un continuo proceso de transformación de sus procedimientos de trabajo para hacerlos más eficaces y eficientes, y uno de los instrumentos para lograrlo es la incorporación a nuestro trabajo diario de todos los medios a nuestro alcance, incluidas las imágenes satelitales que, en el caso particular de la Armada, ayudan a controlar un dominio tan extenso geográficamente como es la mar.

(9) Tanto la emisión como la reflexión se producen en ondas horizontales.

(10) A los dominios tradicionales como Tierra, Mar y Aire, se unió en fecha reciente el Ciberespacio, y en los últimos meses se esta abriendo paso el dominio Espacio dentro del ámbito militar; por ejemplo, Estados Unidos inauguró la «SPACE FORCE» a finales de 2019, en www.spaceforce.mil.