

# Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramientas operativas en el trabajo de los Ingenieros de Caminos

Julio Prado Pérez del Río

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Promoción 1970

Centro de Estudios Hidrográficos

## TELEDETECCIÓN

En los últimos años, con el gran desarrollo tecnológico que se ha producido en los sistemas informáticos y también con la aparición de los satélites artificiales de observación terrestre, se han puesto a disposición de la comunidad científica y técnica unas nuevas herramientas de trabajo que permiten analizar las condiciones naturales de la superficie de la Tierra con más elementos de discriminación y con medios de tratamiento informático cada vez más sofisticados.

El término teledetección (remote sensing, télédétection, etc.) hace referencia a un conjunto de técnicas y métodos cuyo objetivo es la captación de información sobre un determinado objeto o fenómeno sin mantener contacto directo con él. En este ámbito se incluyen muy variados sistemas de medida u observación instalados sobre muy diversos elementos portadores (satélites artificiales, aviones, helicópteros, etc.). En un amplio sentido cabría en este marco tanto la fotografía aérea como la fotointerpretación o la fotogrametría, pero en realidad ya ocupan campos específicos hace muchos años. Por ello, habitualmente la palabra teledetección se aplica a la toma de información, y de forma preferente imágenes digitales, mediante sensores o radiómetros situados a bordo de satélites, aviones u otras plataformas portadoras.

La teledetección, como percepción remota de fenómenos, y que utiliza imágenes digitales, es decir totalmente procesables por ordenadores, es una técnica aplicada sujeta por ello a una constante evolución progresiva, que va adaptándose a los nuevos medios disponibles, tanto de vehículos portadores de la instrumentación como de sensores más precisos, más perfectos o que cubren nuevas zonas del espectro de radia-

ciones electromagnéticas, lo que supone nuevas posibilidades y perspectivas de aplicación.

Los vehículos portadores pueden ser de muchos tipos: helicópteros o avionetas, que vuelan a pocos centenares de metros del suelo; aviones, que pueden navegar a varias alturas pero con un techo limitado; satélites artificiales, que circulan por el espacio en órbitas a centenares o miles de kilómetros de altitud sobre la Tierra.

Los sensores son igualmente muy diversos, ya que pueden ser monocanales, pancromáticos, infrarrojos o multicanales como los sensores multiespectrales que cubren diferentes ventanas o intervalos de longitud de onda a lo largo del espectro de radiaciones electromagnéticas, pudiendo extenderse por el espectro visible, infrarrojo cercano, medio o térmico, o incluso hasta las microondas, con los sensores de ondas de radar. También se han incorporado cámaras de alta resolución, así como emisores-sensores de rayos láser y radiómetros hiperespectrales, que permiten seleccionar muchos canales en un amplio espectro de longitudes de onda de radiaciones electromagnéticas y con una ventana muy precisa y por ello capaces de relacionar materiales, elementos o procesos cada vez más complejos. Por otra parte la información recogida puede tener diferentes niveles de integración de la radiancia sobre el terreno, es decir resolución espacial, desde elementos mínimos de imagen de 5 x 5 km, como el Meteosat, de información meteorológica, que a diario se ve en las televisiones, hasta 1 x 1 m que obtienen los sensores a bordo de avión y algún satélite de reciente desarrollo como el Ikonos.

En el planteamiento de los proyectos que se han de llevar a cabo por teledetección se debe tener muy en cuenta el objetivo a alcanzar y la extensión territorial a la que afecta para ele-

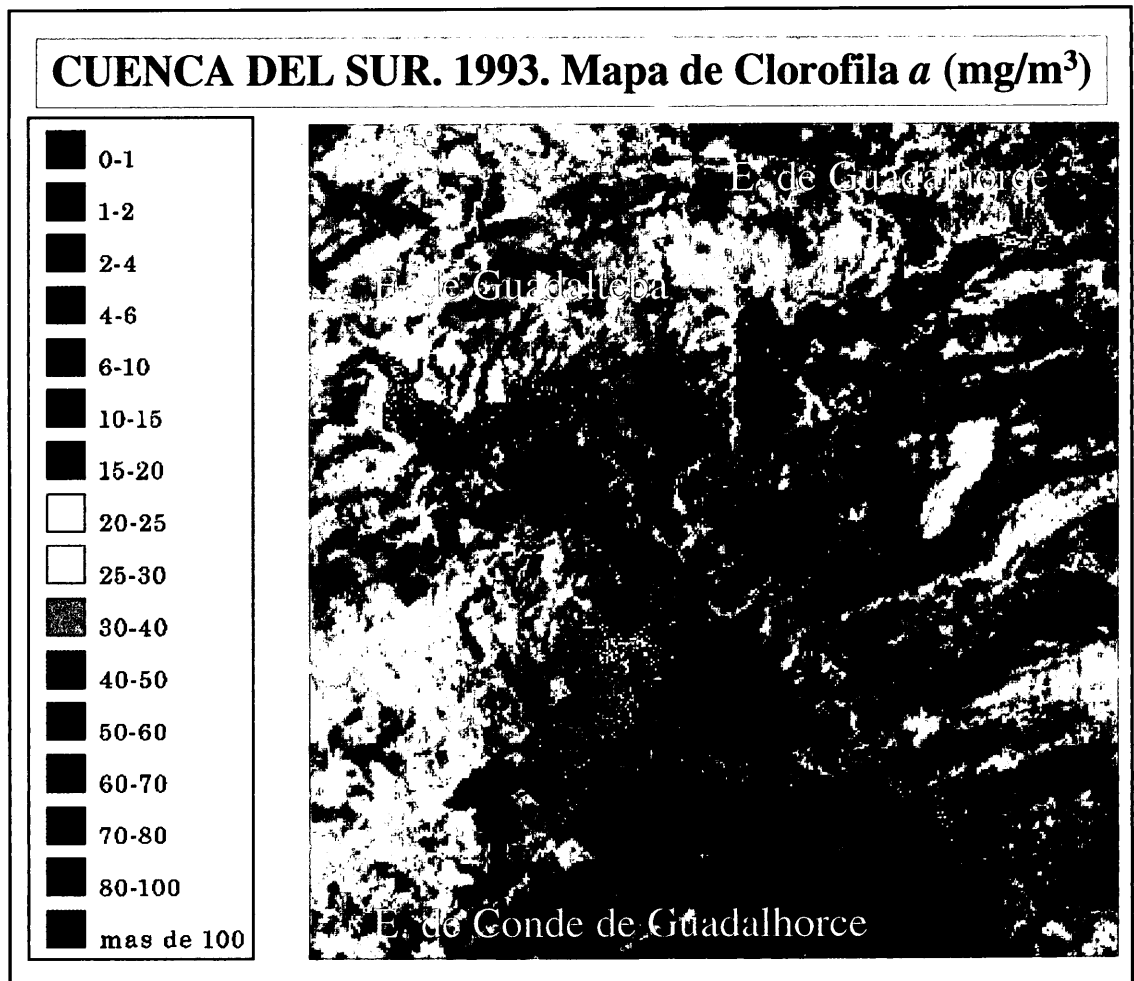
gir el sensor adecuado en cada caso, así como los intervalos del espectro que pueden interesar para cada aplicación. Así para estudios sobre grandes extensiones puede servir una baja resolución, mientras que para trabajos locales de más detalle y precisión se han de utilizar imágenes de alta resolución. En aplicaciones cartográficas primará la resolución espacial en tanto que para estudios cualitativos ambientales será preferible el mayor nivel de discriminación radiométrica posible.

**SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Son sistemas informáticos, paquetes integrados, que asocian funciones de bases de datos con tratamiento de imágenes digitales, todo ello en un marco geográfico definido para toda acción y que vinculan en todo momento cualquier dato, información, medida, o imagen a cada punto geográfico determinado del área de trabajo definida. Pueden utilizar múltiples capas de información de tipo geográfico, temático (geología, suelos, vegetación, modelo digital del terreno, valores de cualquier parámetro, etc.), o cualquier información digitalizada, o imágenes resultado de estudios por teledetección, así como muchas bases de datos referenciadas geográficamente que añaden atributos a una zona concreta del territorio. Tienen una gran capacidad de tratamiento de la información y por ello también de modelización de procesos o fenómenos que tengan como escenario el marco geográfico seleccionado en cada caso.

**APLICACIONES EN LA INGENIERÍA**

La teledetección, en el ámbito de los recursos naturales, puede tener casi ilimitados usos en muchos campos de las



**Figura 1. Mapa temático de concentración de Clorofila a en embalses, a partir de imágenes del satélite Landsat-5.**

técnicas aplicadas. Concretamente en la Ingeniería civil, en la actualidad, se viene utilizando habitualmente para llevar a cabo muchas tareas que sólo así se pueden abordar o que de esta forma amplían sus límites de uso o el alcance de los resultados. Como ejemplos de ello se pueden citar algunas aplicaciones que hoy en día tienen carácter operativo.

En toda actuación es fundamental su integración, de la manera más inocua posible, en su entorno ambiental. La teledetección, ya desde la fase de proyecto, puede proporcionar el soporte territorial en cuanto a los usos del terreno y al paisaje, mediante la adecuada clasificación de imágenes de satélite en proyectos grandes, o de sensores aeroportados para dimensiones más reducidas. Los SIG permiten la simulación de paisajes, incluso con visualización dinámica, a partir de la definición geométrica de los proyectos y la cartografía temática conveniente. Constituyen unas herramientas casi indispensables en la evaluación del impacto ambiental; igualmente son de gran utilidad en la ordenación del territorio. Es posible también estudiar por teledetección la geología del terreno, obte-

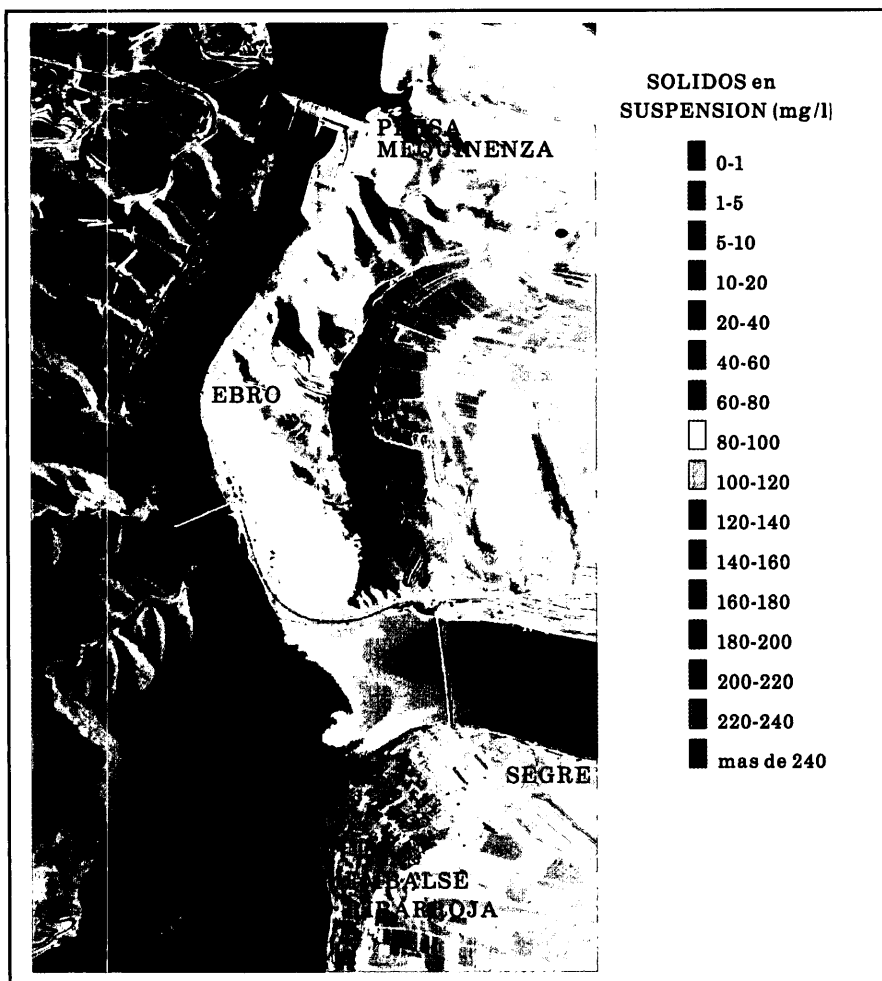


Figura 2. Mapa temático de concentración de sólidos en aguas superficiales, a partir de imágenes del sensor Daedalus-ATM a bordo de un avión.

niendo mapas temáticos de la zona de interés con la resolución adecuada en cada ocasión.

La hidrología está presente en toda obra civil, aunque su importancia pueda ser desigual. En este aspecto, el desarrollo alcanzado en la modelización matemática con la utilización de los SIG y de la teledetección facilita notablemente los estudios hidrológicos, con objetivos tan diferentes como la evaluación de recursos o los análisis de situaciones extremas: determinación de caudales de avenida, áreas afectadas por inundaciones, distintos niveles de sequía y extensiones de territorio afectadas en cada momento.

En relación con las catástrofes, como incendios forestales, sismos, deslizamientos de terreno, meteoros extraordinarios, etc. la teledetección, combinada con los SIG, permite en no pocos casos la predicción con un mínimo de antelación al suceso y, en general, la gestión en tiempo real de los efectos de dichos desastres naturales.

En el estudio de la calidad de las aguas continentales, la teledetección viene suministrando desde hace tiempo, de forma operativa, mapas temáticos de concentración de clorofila a, transparencia, sólidos en suspensión y temperatura en embalses y en ríos (con sensores como el Daedalus-ATM en este caso) con objeto de determinar el grado trófico de esas masas de agua, o el seguimiento de operaciones necesarias de vaciado, como el efectuado en el embalse de Barasona. La tecnología de los SIG permite la modelización y cuantificación de las cargas de nutrientes de las cuencas hidrográficas vertientes a embalses o zonas de especial interés, a partir de los usos del terreno y coeficientes de exportación de nutrientes, lo que hace posible la predicción del nivel de eutrofización esperable en las masas de aguas afectadas.

La existencia de sensores en el rango del infrarrojo térmico que son portados sobre satélites, como el Landsat-TM, o sobre aviones como el ya citado Daedalus ATM, proporciona imágenes temáticas de temperatura superficial que, especialmente en aguas de superficie, permite el seguimiento de vertidos térmicos de centrales eléctricas que utilizan el agua de ríos o embalses para su refrigeración, controlando así el cumplimiento de la legislación vigente sobre contaminación térmica. Aplicada a la gestión de las zonas costeras, la teledetección facilita el seguimiento de parámetros de calidad similares a los de las aguas continentales y, además, posibilita la detección de bancos de pesca, cambios en la geomorfología de las líneas de costa, deltas, playas, etc. Estas técnicas aplicadas periódicamente en todo el territorio

nacional van a facilitar el cumplimiento de las Directivas europeas sobre el agua, que exigirán el control trienal y un informe sexenal del cumplimiento de las previsiones en lo que a calidad de las aguas respecta.

Con el fin de optimizar la gestión de grandes zonas de regadío se utiliza la teledetección para, a través de la generación de mapas detallados de los cultivos en regadío, llegar a la estimación de la demanda hídrica global de la zona durante la temporada de riego, de gran importancia para la mejor administración de los recursos.

La teledetección espacial y aeroportada va a continuar en el futuro incorporando nuevos vehículos portadores, nuevos sensores, hiperspectrales, etc. y en definitiva nuevos sistemas informáticos, cada vez más potentes y perfectos, que irán simplificando el uso y ampliando las aplicaciones de estas tecnologías cada vez más a disposición de los ingenieros. ●