

# La tecnología al servicio del medio ambiente

**Autor:** Francisco Sacristán Romero  
Facultad de Ciencias de la Información  
Universidad Complutense de Madrid  
Correos electrónicos: fransacris@ozu.es, franciscosacristan@ozu.es

---

## **Resumen:**

*La Teledetección ofrece grandes posibilidades para la realización de progresos en el conocimiento de la naturaleza, aunque todavía no se ha logrado todo lo que de ella se esperaba debido a que se deben realizar perfeccionamientos en el nivel de resolución espacial, espectral y temporal de los datos. Además, es necesario un mayor rigor científico en la interpretación de los resultados obtenidos, tratando de no extraer conclusiones definitivas de los estudios medioambientales realizados mediante técnicas de Teledetección. Los modelos que se elaboran para interpretar los datos de Teledetección, deberán tener como objetivo eliminar los efectos ocasionados por la variabilidad en las condiciones de captación, la distorsión provocada por la atmósfera, y la influencia de parámetros tales como la posición del Sol, pendiente, exposición, y altitud. En este artículo voy a intentar desgranar las diversas y múltiples aplicaciones de la técnica de la teledetección al control de los residuos con efectos energéticos y medioambientales.*

**Palabras clave:** Teledetección, tecnología, Medio Ambiente, satélites de comunicación.

## **Introducción**

La preocupación de los ciudadanos por la escasez creciente de los recursos naturales y energéticos, así como las degradaciones que ha realizado el ser humano en su medio ambiente a través de sus actuaciones, muchas veces irracionales y contra natura, han planteado en el mundo entero la imprescindible necesidad de un mejor conocimiento de su hábitat natural dentro del cual se desenvuelve.

La adecuada planificación de las actividades humanas que las circunstancias actuales exigen, han de descansar en la realización de un inventario más completo y actualizado de las riquezas naturales nacionales e internacionales, ya sean agrícolas, forestales, hidrológicas, mineras, etc. De igual forma, la vigilancia sobre el medio ambiente debe ser mayor, ya que esta actitud producirá una reducción en los impactos sufridos por el medio hasta la fecha.

Los datos procedentes del servicio conocido como Teledetección son una gran fuente de información y desempeñan un importante papel en la consecución de los dos objetivos anteriormente apuntados.

Centrándonos más específicamente en el caso español, una de las acciones más importantes debe enfocarse a la calidad de las aguas y la detección de incendios, dos problemas de todos. El agua es una de las grandes riquezas de la Península Ibérica, indispensable para la vida y la ontogenia del ser humano. Si su calidad se deteriora, todos sufrimos las consecuencias: hombres, animales y plantas.

Preservar y mejorar la calidad del agua de nuestros ríos es cuidar el medio ambiente para todos y para todo. Los ríos españoles tienen una longitud total de

172.000 kilómetros, más de cuatro veces la vuelta al mundo. Vigilar su situación, impedir cualquier vertido contaminante, requiere un sistema moderno de análisis, que utilice las tecnologías de comunicación más avanzadas. Es preocupante que hoy un tercio de la longitud de nuestros ríos necesite una atención y saneamiento inmediato, según la información suministrada por el Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente.

Para que todos dispongamos de agua en la cantidad precisa, en el momento y lugar en que sea necesaria, hace falta una actuación planificada, global, de regulación de recursos. Pero junto a ella es indispensable también conservar la calidad del agua. Depurando por una parte, el agua utilizada, y a la vez vigilando su calidad, impidiendo su deterioro. Una tarea que hay que realizar de forma continua las 24 horas de cada día.

Otro asunto en el que existe una especial preocupación es el de los vertidos urbanos. En poco más de diez años, las grandes ciudades españolas en su inmensa mayoría, han abordado este problema de forma conjunta al de la depuración de las aguas residuales. Hacia mediados de los años '80, el 60% de nuestra población estaba ya conectada a sistemas de depuración. La Directiva Europea 91/271/CEE planteaba importantes retos: antes del año 2000 debían depurar sus aguas todas las poblaciones con más de 10.000 habitantes. Antes del año 2005 debían hacerlo las poblaciones con más de 2.000 habitantes.

Las empresas públicas y privadas españolas no podrán competir ni en Europa ni en el mercado interior si no asumen los costos de depuración. Por todo ello, el Plan de Regularización de Autorizaciones de

Vertidos y Gestión del Canon, previsto en el Plan Hidrológico Nacional, necesita fundamentarse en sistemas altamente fiables de control y vigilancia.

El uso de fertilizantes y plaguicidas en la agricultura provoca graves alteraciones en la calidad del agua. En consonancia con lo acordado en la Directiva Europea 91/676/CEE sobre la contaminación producida por los nitratos, el Ministerio de Medio Ambiente y el de Agricultura están desarrollando en nuestro país la necesaria normativa.

Gracias a los trabajos realizados a través del sistema SAICA (Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas), que se hace posible vía HISPASAT desde 1994, la reutilización de las aguas residuales, se ha convertido en una actuación básica en la calidad de las aguas. Existen ya importantes programas piloto en las Islas Canarias y en Madrid. Esta nueva aplicación de las aguas permite liberar recursos cada vez mayores para abastecimientos y otros usos, asegurando las necesidades en agricultura, en el riego de parques y jardines y en la recarga de acuíferos.

La estrecha relación que la Universidad Complutense de Madrid tiene con la sociedad HISPASAT S.A. ha permitido que dispongamos de una información muy detallada de lo que constituye el núcleo central de este artículo sobre medio ambiente: el Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas (SAICA). Adelantamos aquí algunos de los objetivos más importantes de este programa nacional:

1. Detectar y controlar la contaminación de los ríos y acuíferos, con carácter preventivo.
2. Cumplir y hacer cumplir las Directivas de la Unión Europea sobre la calidad de las aguas.
3. Control exhaustivo de los niveles de calidad por tramos de río en función de los requisitos establecidos para cada uso (abastecimiento, regadío, vida piscícola, etc.) y llegar a los objetivos finales de calidad de los Planes Hidrológicos de cuenca.
4. Protección de vertidos indeseados las 24 horas del día respecto a determinados empleos específicos, sobre todo los abastecimientos a núcleos de población.
5. Aplicación de forma eficiente de la normativa española, en particular de la Ley de Aguas, sancionando de forma ágil a los responsables empresariales y particulares de vertidos contaminantes para la salud.
6. Nuevas tecnologías y procedimientos modernos de gestión, que permitan, con poco personal de vigilancia, realizar una amplia cobertura de control de nuestra red hidrográfica de forma continua.

El SAICA constituye, dentro de su género, uno de los sistemas más avanzados y pioneros de Europa, en concepción y tecnología. Es a la vez un sistema extremadamente económico, permitiendo la cobertura de todas nuestras Cuencas Hidrográficas con un presupuesto de 10.000 millones de pesetas, para el que cuenta con apoyo de fondos de la Unión Europea. Ha recibido el beneplácito de la Comisión Europea.

Este programa es un sistema de ámbito nacional, que recibe y procesa durante las 24 horas del día la información procedente de las Redes Integrales de Control de Calidad de las Cuencas Hidrográficas. Permite el control continuo y sistemático de la cantidad y calidad de las aguas de los ríos, según el uso a que estén destinados: abastecimiento, regadío, baños, etc.

El Sistema SAICA permite tener una información real e inmediata de lo que sucede en nuestros ríos y acuíferos. Por ello se pueden desgranar, entre otras, las siguientes funciones:

1. Alerta automática de protección, principalmente para abastecimientos.
2. Diagnósticos continuos de calidad por tramos de río, según los usos de cada segmento de terreno.
3. Datos estadísticos, informes temáticos, realizando el seguimiento de los diferentes tipos y niveles de contaminación.
4. Estrategias de control, vigilancia y sanción de vertidos contaminantes.
5. Simplificación de procedimientos, informatización, mayor agilidad en las autorizaciones de vertido y expedientes sancionadores.
6. Informes a la Unión Europea para el cumplimiento de las diferentes Directivas sobre la Calidad de las Aguas.

A modo de apunte general en esta introducción, que posteriormente desarrollaremos con más amplitud y detalle, precisaremos que en cada Cuenca Hidrográfica, el SAICA cuenta con una red de información de Calidad de las Aguas. En total, el sistema se compone de:

- Estaciones de Muestreo Periódico (EMP).
- 200 Estaciones de Muestreo Ocasional (EMO).
- 115 Estaciones Automáticas de Alerta (EAA).
- 9 Centros Periféricos de Proceso (CPP), uno en cada Cuenca Hidrográfica.
- Una Unidad Central en el Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- El enlace entre todo el sistema se realiza usando el sistema HISPASAT.

Las «estaciones automáticas de alerta» realizan mediciones de forma continua de los diferentes parámetros elegidos sobre la calidad de las aguas. Realizan el alerta cuando detectan que determinados parámetros de calidad superan los valores exigidos por la normativa vigente.

Disparada una alarma, el sistema pone en marcha automáticamente mecanismos de interrupción de tomas de suministro de agua a poblaciones, a la vez que lleva a cabo los análisis que permiten identificar el vertido causante de la alarma y su posible origen, facilitando así las medidas sancionadoras.

Las Estaciones de Control, instaladas en los puntos más conflictivos de los ríos, transmiten a los Centros de Proceso de cada cuenca y a la Unidad Central del Ministerio de Medio Ambiente la información sobre la calidad de las aguas a través del satélite español HISPASAT, mediante el sistema VSAT. En los Centros de Control se investigan las causas, se analizan las posibles consecuencias de cada contaminación y se advierte a la inspección. Entran así en funcionamiento los mecanismos de policía de agua previstos en nuestras leyes.

En estos momentos, el funcionamiento normal del sistema SAICA pasa por ser la mejor opción para mantener y mejorar la calidad de las aguas de nuestros ríos y acuíferos. Este sistema tiene en cuenta las responsabilidades en materia de saneamiento y depuración de las Administraciones Locales y Autonómicas. Hace posible la coordinación con la Administración Central del Estado que es a quien corresponde el control, vigilancia y conservación del dominio público hidráulico, garantizando así la calidad de las aguas continentales.

Este sistema contribuye de forma importante a la realización del Plan Hidrológico Nacional, convirtiendo a España en uno de los países europeos con más y mejores recursos hidrológicos, a pesar de los pasados años de sequía pertinaz. En suma, una buena herencia para las próximas generaciones si saben aprovecharlo con racionalidad y coherencia.

Aparte del Sistema SAICA, ampliaremos información con apartados sobre el avance más reciente de la «Teledetección», una tecnología abanderada en el estudio de los impactos medioambientales. Nos centraremos en algunos de los antecedentes, características de los datos estadísticos de Teledetección, satélites de recursos naturales anteriores a HISPASAT, para luego exponer con más profundidad nuestra explicación sobre el SAICA.

### **La función de la Teledetección en el estudio del medio ambiente**

La Teledetección de recursos naturales se basa en un sistema de adquisición de datos a distancia sobre la biósfera, que está basado en las propiedades de la radiación electromagnética y en su interacción con los materiales de la superficie terrestre.

Todos los elementos de la Naturaleza tienen una respuesta espectral propia que se denomina «signatura espectral». La Teledetección estudia las variaciones espectrales, espaciales y temporales de las ondas electromagnéticas, y pone de manifiesto las correlaciones existentes entre éstas y las características de los diferentes materiales terrestres. Su objetivo esencial se centra en la identificación de los materiales de la superficie terrestre y los fenómenos que en ella se operan a través de su signatura espectral.

La información se recoge desde plataformas de observación que pueden ser aéreas o espaciales, pues los datos adquiridos a partir de sistemas situados en la Tierra constituyen un estadio preparatorio de la Teledetección propiamente dicha, y se consideran como campañas de verdad terreno.

Las plataformas de observación portan los captore, es decir, aquellos instrumentos que son susceptibles de recibir y medir la intensidad de la radiación que procede del suelo en una cierta gama de longitudes de onda, y para transformarla en una señal que permita localizar, registrar y digitalizar la información en forma de fotografías o imágenes numéricas grabadas en cinta magnética compatibles con un ordenador (CCT).

Los captore pueden ser cámaras fotográficas, radiómetros de barrido multispectral (MSS), radares y láseres. Estos aparatos generan imágenes analizando la radiación emitida o reflejada por las formas y objetos de la superficie terrestre en las longitudes de onda en las cuales son sensibles (ultravioleta, visible, infrarrojo próximo, infrarrojo técnico, hiperfrecuencias) con el fin de reconocer la variada gama de formas y objetos.

### **Satélites de Recursos Naturales LANDSAT**

Con objeto de hacer un breve recorrido histórico sobre los satélites con servicios destinados al cuidado del Medio Ambiente, empezamos este apartado por el sistema que se considera uno de los pioneros: el LANDSAT, primer satélite de recursos naturales lanzado por la NASA en julio del ya lejano 1972. Con posterioridad a este lanzamiento, fueron puestos en órbita los satélites LANDSAT 2 y LANDSAT 3, en enero de 1975 y marzo de 1978 respectivamente, con la finalidad de asegurar la recogida de datos para ulteriores estudios. Los satélites LANDSAT están

situados en una órbita casi polar y sincrónica con el Sol, a 920 kilómetros de altura sobre la superficie de la Tierra. Tardan en efectuar una órbita completa 103 minutos, barren la superficie terrestre cada 18 días y obtienen información simultánea de zonas de la Tierra de 185 x 185 Km. (aproximadamente 34.000 Km.).

Los satélites LANDSAT están provistos de sensores remotos de varios tipos. El primero es el RBU (Return Beam Vidicon) que consiste esencialmente en un sistema de cámaras de televisión. El segundo sensor es un equipo de barrido multiespectral o MSS (Multiespectral Scanner) que registra la energía reflejada por la superficie terrestre en las regiones verde, roja e infrarroja del espectro electromagnético. La unidad elemental de información tiene una resolución espacial de 79 metros.

Las señales analógicas registradas por los sensores se convierten a un formato digital y se transmiten a la Tierra. Los datos del LANDSAT se comercializan bien en forma de productos fotográficos, bien en forma de imágenes digitales grabadas en cintas magnéticas compatibles con ordenador.

### **Características de los datos de Teledetección**

El conjunto de los datos adquiridos mediante procedimientos de Teledetección de aviones o naves espaciales comprenden siempre tres tipos de información (Goillot, 1976):

1. Una información espacial que representa la organización en el espacio físico de los elementos que constituyen la imagen.
2. Una información espectral que caracteriza y puede conducir al conocimiento de la naturaleza de la superficie terrestre.
3. Una información temporal que permite la detección de los cambios operados en la superficie de la Tierra con el transcurso del tiempo.

Además, los sensores remotos, especialmente los radiómetros de barrido multiespectral de la serie de satélites LANDSAT, realizan una percepción muy particular del Medio Ambiente y del paisaje que se caracteriza porque existe una homogeneización de la imagen que es función del nivel de resolución de los sensores o captosres.

La información elemental o **píxel** (contracción de «**picture element**») tenía, a principios de la década de los '80, para el satélite LANDSAT unas dimensiones sobre el terreno de 56 m. x 79 m. Estas unidades informativas se disponen en la superficie terrestre a modo de malla geométrica con una cierta inclinación respecto a meridianos y paralelos, pareciéndose en

cierto modo a la malla UTM o LAMBERT. La malla del LANDSAT no tiene ninguna relación con los límites geográficos de los objetos situados en la superficie terrestre.

En estas condiciones, lo más normal es que un **píxel** tenga una naturaleza heterogénea, pudiendo englobar en el caso de una zona urbana, a una manzana de casas, un jardín o una autopista. Las diferencias locales se diluirán en la respuesta promedio, y este efecto crea una ilusión sobre la existencia de zonas de transición y zonas de contacto gradual entre distintas unidades de paisaje. Dicho efecto no se manifiesta cuando existe un contraste brusco entre dos usos del suelo contiguos; por ejemplo, un movimiento de tierras reciente en el interior de un bosque cerrado. La existencia de un contraste brusco puede permitir observar en una imagen objetos cuyas dimensiones sean inferiores a las de un **píxel**.

En definitiva, los datos adquiridos a través de Teledetección se caracterizan por las siguientes propiedades (Tricart, 1979):

1. Posibilidad de obtener información sobre aspectos del medio natural que escapan totalmente a nuestros sentidos (ondas de radar, infrarrojo de LANDSAT, etc.). La experiencia natural del hombre es, por lo tanto, nula en estos dominios espectrales, y por esta razón se realizan visualizaciones que tienen una función y utilidad análogas a las fotografías aéreas, y que se denominan imágenes para evitar la confusión.
2. Estas informaciones que son registradas por los sensores, y que miden la cantidad de energía reflejada o emitida por los objetos naturales que componen el paisaje son de tipo numérico, y se prestan al tratamiento matemático. Por otro lado, su extremada abundancia obliga al empleo de grandes ordenadores y métodos de tratamiento de datos muy sofisticados y potentes.
3. Los datos extraídos de los servicios de Teledetección nos revelan ciertos aspectos de los ecosistemas difíciles de estudiar, prácticamente desconocidos, contribuyendo de una forma eficaz al conocimiento de los mismos y de su funcionamiento (detección de enfermedades en las plantas, efectos del stress debido a la falta de agua, transpiración, régimen térmico, etc.).
4. Por último, la Teledetección permite seguir la evolución de las grandes extensiones forestales que persisten en la superficie del globo, tener una visión de conjunto sobre los efectos producidos por las grandes catástrofes (como por ejemplo, las sequías aterradoras de las regiones saharianas de África) y reconocer ciertos fenómenos de polución a gran escala en el cielo y en el mar.

## Referencias Bibliográficas

**Allan, J.A.**, (1977), «Land use changes in land use in the Ural area of Aegean Turkey», in *Monitoring Environmental Change by Remote Sensing*, Ed. van Genderen and W. G. Collins, Remote Sensing Society, Londres.

**Cole, M. M.**, (1974), «Recognition and interpretation of spatial signatures of vegetation from aircraft and satellite imagery in Western Queensland, Australia», proceedings of the Frascati Symposium, ESRD, Paris.

**Fleming, M. D. y Hoffer, R. M.**, (1979), «Machine processing of LANDSAT MSS data and DMA topographic data for forest cover type mapping», proceedings of the 1979 Symposium of Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, West Lafayette, Indiana.

**Goillot, C.H.**, (1976), «Rapport de Synthese, C. R. Table ronde C.N.R.S.», *Ecosystems bocagers*, Rennes.

**González Alonso, F., y Cuevas Gózal, J. M.**, (1982), *Los satélites de recursos naturales y sus aplicaciones en el campo forestal*, Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Madrid.

**Heller, R. C.**, (1975), Evaluation of ERTS-1 data for forest and rangeland survey USDA for Serv. Res. Rap., PSW, Southwest For and Range, Exp. Str, Berkeley, California, pp 112-67.

**Husson, A.**, (1980), «Teledetección de los incendios forestales en la región mediterránea», *Les cahiers de l'OPIT*, Paris.

**Jano, A. P.**, (1975), «Timber volume estimate with LANDSAT-1 imagery, proceedings of the workshop on Canadian forest inventory methods», University of Toronto, Ontario.

**Kalensky, Z.**, (1974), «ERTS thematic map from multirate digital images 2», in Proc. Comm. VII, int. soc. Photogram, Can. Inst. Surv., Ottawa, Ontario, pp. 767-785.

**Lapietra, G. y Cellerino, G. P.**, (1980), «Elaborazione di immagini LANDSAT mediante il sistema ER-MAN II per un inventario della Pioppicoltura italiana», *Cellulosa e Carta* 6.

**Maynard, P. T. y Strahler, A. H.**, (1981), «The logit classifier a general maximum likelihood applications», proceedings of the Fifteenth International Symposium on Remote Sensing of Environment, An Arbor, Michigan.

**Megier, J.**, (1977), «Multi-temporal digital analysis of LANDSAT data for inventory of popular planted groves in North Italy», proceedings of the International Symposium on image Processing, Interactions with photogrammetry and Remote Sensing, Graz.

**Thompson, LL.**, (1979), «Remote Sensing using solid state array technology», *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 45.

**Townshend, J. R.**, (1981), «The spatial resolving power of earth resources satellites», *Progress in Physical Geography*, 5 (1).

**Tricart, J. L.**, (1979): «Paisaje y ecología» en *Revue de Géomorphologie Dynamique*, XXVIII, 3.

**Shasby, M. B.**, et al, (1981), Broad area forest fuels and topography mapping using digital LANDSAT and terrain model. U.S., Department of Interior, Geological Survey, Sioux Falls, South Dakota.

**Swain, P. H.**, (1979), «A method for classifying multispectral remote sensing data using context. Processings of the 1979», Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed. Data, Purdue University, West Lafayette, Indiana,

**Van Genderen, J. L. y Lock, B. F.**, (1976), Methodology small scale rural land use maps in semi-arid developing countries using orbital imagery, Final Report to NASA, investigation 9680, Department of Industry, London.

### Abstract:

*The Teledetection offers great possibilities for the accomplishment of progresses in the knowledge of the nature, although all the one has still not been obtained that of her was expected due to that improvements are due to make in the level of space resolution, spectral and temporary of the data. In addition, a greater scientific rigor in the interpretation of the obtained results is necessary, treating about not drawing definitive conclusions of the made environmental studies by means of techniques of Teledetection. The models that are elaborated to process the data of Teledetection, will have to have like objective to eliminate the effects caused by the variability in the conditions of pick up, the distortion caused by the atmosphere, and the influence of parameters such as the position of the Sun, slope, exhibition, and altitude. In this article I am going to try to shell the diverse and multiple applications of the technique of the teledetection to the control of the remainders with power and environmental effects.*