EVOLUCIÓN DE LA TELEDETECCIÓN APLICADA A GEOGRAFÍA FÍSICA

REMOTE SENSING EVOLUTION APPLIED TO PHYSICAL GEOGRAPHY

M.ª Eugenia Pérez González[1]
M.ª Pilar García Rodríguez[2]
José M.ª García Alvarado[3]

1. LA PROPUESTA INNOVADORA DE RODOLFO NÚÑEZ DE LAS CUEVAS

Los autores de este artículo quieren con este trabajo reconocer el impulso que D. Rodolfo Núñez de las Cuevas dio a la teledetección desde el actual Instituto Geográfico Nacional, siendo pionero en la obtención de cartografía temática a partir de datos satelitales. Ya en 1972 publicó un trabajo sobre la utilización de los sensores remotos para la planificación urbana y la ordenación territorial (Piera y Núñez de las Cuevas, 1972) y en esta década comenzaron a publicarse numerosos trabajos aplicados a diferentes campos de la geografía. Entre ellos el Instituto de Geografía Aplicada del CSIC realizó un estudio sobre las posibilidades de las imágenes del Landsat 2 para confeccionar un mapa de usos de suelo de España, con el apoyo técnico del Instituto Geográfico Nacional Francés (Núñez de las Cuevas, et al. 1983). En el caso concreto de la Geografía Física cabe citar entre los pioneros al Instituto Geográfico y Catastral (1975), Labrandero J. L. (1978), Núñez de la Cuevas (1972, 1974, 1976), Núñez de las Cuevas y López de Lemos (1976), Rebollo *et al.* (1977) y Sanz Donaire, (1978), entre otros muchos.

[1] Universidad Complutense de Madrid. meperez@ucm.es. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9416-5003
[2] Universidad Complutense de Madrid. mpgarcia@ucm.es. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7237-2335
[3] Universidad Complutense de Madrid. josemaga@ucm.es. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5803-5765

En 1986 las autoras, sin entonces conocerse, asistieron a un curso teórico-práctico celebrado en el IGN dirigido por Núñez de las Cuevas, donde se daba a conocer a un público multidisciplinar los usos y aplicaciones de la por aquel entonces nueva tecnología. Sirva de reconocimiento a su visión innovadora, valentía en sus propuestas e ingente legado en tantas disciplinas auxiliares e imprescindibles para la geografía. Desde aquel momento no solo la información satelital sino el procesamiento de los datos ha mejorado de forma exponencial, extendiéndose a numerosos campos y con cada vez mayor disponibilidad de imágenes. En sus inicios la información era lógicamente menor y el tratamiento de las imágenes necesitaban de recursos técnicos más complicados, mientras que en la actualidad los datos satelitales han avanzado hacia una mejor resolución e información y mayor disponibilidad y acceso libre a muchos de ellos. De igual modo, si al principio se requerían softwares específicos, casi todos comerciales, hoy en día cada vez hay más posibilidades de trabajo con programas de libre acceso. La teledetección, como antes pasara con la fotografía aérea, en su evolución afectó a la epistemología tanto de la geografía física como de otras ramas de la geografía, e integrándose con los sistemas de la información geográfica es muy útil para el conocimiento de importantes indicadores ambientales, así como para los estudios de su evaluación.

2. LA TELEDETECCIÓN APLICADA A LA GEOGRAFÍA

Este trabajo quiere mostrar algunos aspectos de la evolución de la teledetección aplicada a estudios de Geografía Física que abarcan una amplia temática en todas sus disciplinas: climatología, hidrología, geomorfología y biogeografía, e integradas en los usos del suelo y el medio ambiente. Dada la gran cantidad de satélites, sensores y aplicaciones posibles aquí se pretende destacar solo los más relevantes y utilizados en estas temáticas. No se pretende hacer un exhaustivo inventario de todos los trabajos geográficos que han tenido como fuente y método fundamental el tratamiento y la interpretación de imágenes de satélite desde centros de investigación y departamentos universitarios, que a su vez han creado masters, donde la teledetección fotogramétrica y satelital es el contenido fundamental, sino señalar la utilidad que para la Geografía, tanto en su docencia como en su estudio e investigación ha proporcionado la variedad de satélites e imágenes (Chuvieco, 1990).

En este trabajo se destacan los principales satélites enfocados a diferentes temáticas: meteorología y oceanografía, y estudios terrestres a distintas

resoluciones espaciales. Cuando se inició la carrera espacial a finales de los años 50 y en los años 60 del pasado siglo son los satélites con fines meteorológicos y oceanográficos los primeros en ofrecer resultados importantes para los estudios ambientales y la predicción de fenómenos catastróficos. El Explorer 6 de la NASA fue el primer satélite que en 1959 tomo una imagen de la Tierra para observar las capas de nubes, aunque su misión consistía en obtener otros parámetros. Estos satélites han ido evolucionando desde los inicios de la observación remota, en la que sólo recogían fotografías y vídeos para el seguimiento de la nubosidad y grandes eventos meteorológicos, hasta la actualidad, donde miden multiplicidad de variables relativas a la temperatura superficial, precipitación (cantidad y tipo), velocidad del viento, humedad, nubosidad (altura y espesor de las nubes), radiación, componentes atmosféricos y calidad del aire (aerosoles, polvo en suspensión, ozono, compuestos de nitrógeno, carbono, azufre, etc.).

Desde Europa los satélites llevan más de 40 años enviando datos gracias a la puesta en órbita del primer Meteosat en 1977 con su primera generación (1977-2017) hasta la reciente tercera generación (2022) que revoluciona la predicción del tiempo y hace más preciso ver los cambios en la atmósfera, la tierra y los océanos

De todos los satélites dedicados a recursos naturales muchos meteorológicos tienen órbita geoestacionaria (a 36 000 km de distancia) y es la Organización Meteorológica Mundial, a través del programa mundial de observación, la que garantiza el seguimiento y acceso de datos a nivel global mediante un mínimo de satélites que cubran la totalidad de la Tierra. Estos lo componen: la serie estadounidense GOES-W, GOES-E desde 1975, la citada europea Meteosat, la japonesa GMS desde 1977 y la india INSAT, desde 1988, a las que se unen satélites de otros muchos países (FY de China, GOMS de Rusia, etc.). Además, para el seguimiento de los fenómenos atmosféricos se incorporaron los satélites circumpolares a partir de finales de los años 70, lo que permitió una observación más detallada y el estudio de los polos por primera vez desde el espacio, no observado de forma periódica hasta esta década. Empiezan a tomar relevancia los estudios sobre la extensión y concentración del hielo marino con datos diarios desde noviembre de 1978, (Pérez y García, 2009). Entre los satélites circumpolares destacan las series estadounidense NOAA y MODIS (Terra desde 1999 y Aqua desde 2002) y los europeos Envisat (2003-2012), Metop (desde 2006) y Sentinel 5 (desde 2017).

La serie pionera TIROS-NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) comenzó en 1960 con sensores del espectro visible, infrarrojos y radiómetro, con gran resolución temporal (2/día) y una resolución espacial de

1,1 km, ofreciendo los primeros registros de la temperatura superficial de la Tierra y datos de los polos de forma continuada. Esta serie de satélites continua en la actualidad, por lo que se dispone de más de 60 años de imágenes y datos satelitales para el seguimiento de fenómenos atmosféricos y oceanográficos (huracanes, corrientes oceánicas, temperatura superficial del mar, monzones, afloramientos térmicos o *upwelling*, etc.) y terrestres para escalas media y global (fenología de la vegetación, sequías, inundaciones, incendios) (Torres *et at.,* 1995, García Soto, 2006). Desde finales del siglo xx la NASA incorporan los satélites MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) con dos sensores Aqua y Terra, que disponen de 36 bandas espectrales, con resolución espacial entre 250 y 1000 m, que facilitan monitorear a diario múltiples variables, tales como cambios en la biosfera con las bandas 1 a 7 (mapas de vegetación global, incendios, temperatura superficial, albedo, cobertura de nieve, ciclo del carbono), oceánicas con las bandas 8 a 17 (color, temperatura, fitoplancton, oleaje, etc.) (Soto, 2006) y de la atmósfera con las bandas 18 a 36 (constitución de las nubes a partir de la distribución y tamaño de las gotas o cristales de hielo, tipología y movimiento de aerosoles, distribución vertical del vapor de agua en la atmósfera, etc.).

En los años noventa la Agencia Espacia Europea (ESA) lanzó la serie de satélites con sensores radar ERS a los que siguió en 2002 el satélite Envisat, entonces el de mayor tonelaje lanzado a la atmósfera, provisto de numerosos sensores ópticos y radar. Todos ellos se han utilizado para estudios atmosféricos, terrestres y oceanográficos, con gran eco mediático en el seguimiento de vertidos de hidrocarburos, como el ocurrido en 2002 frente a las costas gallegas con el buque «Prestige» (Palenzuela et al., 2006).

La composición atmosférica empezó a muestrearse en los años noventa con sensores como el GOME (*Global Ozone Monitoring Experiment*) a bordo del satélite ERS 2 y también ha tenido una rápida evolución en la cantidad de variables medibles y en la resolución espacial alcanzada, especialmente desde los inicios de este siglo. Destacan de menor a mayor resolución espacial los satélites que obtienen datos sobre los contaminantes: los sensores GOME (40 x 320 km), SCIMACHY del ENVISAT (60 x 30 km), AURA (24 x 13 km) y Sentinel 5 Tropomi (7 x 3,5 km). Desde octubre de 2017 este satélite monitorea con gran precisión la atmósfera, lo que permite captar los principales contaminantes urbanos (ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, formaldehido, metano y aerosoles), pues alcanza una resolución claramente superior a los ya citados.

Además de estos satélites, para otras aplicaciones oceanográficas específicas se incorporan otros que requieren tecnología radar capaz de atravesar las nubes. Entre las variables que miden destacan:

- La topografía superficial: medida con los satélites Topex Poseidón (1992-2005), la serie Jason 1 a 3 (desde 2001), Envisat y Sentinel 6 (desde 2020), que disponen de altímetros para medir la altura del nivel del mar.
- La salinidad: SAC-Aquarius (2011-2015) y SMAP (2015) para medir salinidad de la superficie oceánica. También la ESA tiene satélites dedicados al estudio de la humedad del suelo y la salinidad oceánica. Entre ellos destaca el SMOS (*Soil Moisture and Ocean Salinity*, 2011) en el que el instrumento principal se diseñó en España.
- El hielo marino y continental: junto a los sensores del satélite MODIS se unen los satélites ICESat (desde 2003), CryoSat (2010), Suomi-NPP (desde 2011) con el objetivo fundamental de hacer un seguimiento del hielo continental y marino (superficie y altura), temperatura superficial y nivel del mar en regiones polares.
- Ecosistemas oceánicos y flujos de energía: destaca la reciente misión de la NASA: PACE (2024) para el estudio del plancton, contenido en clorofila, aerosoles, nubosidad y su interacción con la atmósfera.

La Unión Europea con la finalidad de tener una política espacial propia creó en 2014 el programa Copernicus, que se puede considerar como el más relevante en la observación de la Tierra de manera continuada, proporcionando datos periódicos para el medio ambiente, recursos naturales o seguridad. Los principales satélites de dicho programa son los Sentinel cuyas principales misiones y aprovechamiento geográfico se destacan a continuación.

Los Sentinel (1A y 1B) fueron los primeros de la serie, lanzados en 2014 y 2016 respectivamente. Utilizan tecnología SAR (*Synthetic Aperture Radar*) para obtener imágenes de día o de noche que son independientes de las circunstancias meteorológicas, con una resolución de 5 a 20 metros.

De toda la serie Sentinel (que abarca actualmente desde el 1 al 6) son los el Sentinel3A (2016) y 3B (2018) los utilizados para monitorear la altura superficial del agua cada 27 días y una resolución espacial hasta 300 m. Además, también registran otras variables como la temperatura superficial con registro diario, el color de la superficie oceánica cada dos días, la concentración del pigmento de las algas, el total de materia orgánica en suspensión, la radiación fotosintética activa, espesor de aerosoles y el espesor del hielo marino.

Para el estudio del oleaje y los vertidos de contaminantes también es muy útil el satélite citado Sentinel 1 y para el seguimiento del fitoplancton, especialmente en áreas costeras, se complementa con los datos del Sentinel 2. Desde 2020 el Sentinel 6 A, con una cobertura casi global, registra el 95% de los océanos con una resolución temporal de 10 días y está destinado a medir las variaciones en el nivel del mar, y para 2025 está programado el lanzamiento de su gemelo (S6B) lo que bajará la frecuencia de observación.

A partir los años setenta la puesta en órbita de los satélites medioambientales de resolución espacial media supone una valiosa fuente de información espaciotemporal y un gran apoyo para los estudios territoriales y la cartografía temática. En esas fechas el IGN liderado por D. Rodolfo Núñez de las Cuevas realizó un gran esfuerzo en la formación de investigadores y en la aportación de datos espaciales para generar cartografía y para sus aplicaciones en diferentes organismos, dando un gran empuje al desarrollo de la teledetección en España.

De todos los satélites dedicados a la observación terrestre destaca la serie Landsat de la NASA, que se inició en 1972 (sensor *Multiespectral Scanner System,* MSS) y continua en la actualidad con los Landsat 8/9 (sensores multiespectral OLI y térmico TIRs). Todos los sensores Landsat son multiespectrales, abarcando desde el espectro visible hasta el infrarrojo térmico, con una precisión de 30 m (15 m en la banda pancromática). Se dispone de más de cincuenta años de registros de la superficie terrestre que facilitan los estudios multitemporales de múltiples variables: explotación de yacimientos minerales y petrolíferos, cartografía geológica, agricultura, silvicultura, vegetación natural, detección de plagas y enfermedades vegetales, incendios, usos de suelo, detección de contaminantes, estudios de masas de aguas continentales y estado de conservación de espacios naturales entre otras muchas variables. De esta serie es el satélite Landsat 5 (sensor *Thematic m*apper, TM) el que más tiempo ha estado activo, con 27 años de registro (1984-2011), por lo que ha sido el más utilizado para realizar estos estudios multitemporales.

En 1986 Francia se incorporó a la observación terrestre con la serie de satélites SPOT con la gran ventaja frente a la Landsat de una mejor resolución espacial, llegando en la actualidad hasta 1,5 m en las imágenes de los satélites 6/7. Además, fueron precursores en ofrecer visión estereoscópica, hecho que actualmente se consigue mediante la superposición de imágenes con los modelos digitales del terreno. Frente a esto su resolución espectral es menor que el de la serie americana. Las características de SPOT los hacen muy útil para estudios sobre vegetación, geomorfología, hidrología superficial, urbanos, etc. Las dos series, Landsat y Spot, gracias a su larga trayectoria han servido de base para el proyecto Corine Land Cover dedicado a la cartografía de usos del suelo y su

evolución en Europa, proyecto en el que el IGN ha colaborado desde sus inicios, proporcionando sus primeros mapas en 1990 y actualizaciones cada seis años.

Con características similares a estos satélites la ESA lanzó en 2015 el Sentinel 2, que mejora sustancialmente las resoluciones temporal, espacial y espectral de la serie Landsat. Frente a la revisita cada 16 días del satélite americano, el S2 pasa por el mismo territorio cada 5 días gracias a los gemelos S2 A y B (el primero ha sido sustituido en septiembre de 2024 por el S2C). Las imágenes S2 ofrecen hasta 10 m de resolución espacial frente a los 30 m de los Landsat. En cuanto a la resolución espectral ambas series tienen gran similitud en los canales visibles, infrarrojos (cercano y medio) lo que permite la utilización conjunta en temas de investigación similares. La serie Landsat dispone además de canales en el infrarrojo térmico, utilizados para medir la temperatura superficial de espacios terrestres a gran escala, pues la baja resolución espacial de los satélites meteorológicos y oceanográficos solo ofrecen esta posibilidad a pequeña escala. El S2 aventaja a la serie Landsat en un mayor número de canales del borde del rojo y del infrarrojo próximo, de gran utilidad para estudios de vegetación y humedad del suelo.

3. LA AMPLIACIÓN DE LAS APLICACIONES DE OBSERVACIÓN REMOTA

Las aplicaciones de la observación remota en estudios del territorio se extendieron exponencialmente a más sectores y ámbitos de investigación desde que los datos satelitales se ofrecen en abierto. Primero fue la NASA la que permitió desde 2008 la difusión de su ingente banco de imágenes, lo que facilita millones de descargas para la docencia, investigación y gestión de recursos naturales (USGS, s.f.). Con esta misma política, la ESA programó todos los satélites Sentinel con acceso libre desde sus inicios en 2014 (ESA, s.f.). El IGN a través de su Plan Nacional de Observación del Territorio y del programa europeo Copernicus (programa de la Unión Europea de observación y monitorización de la Tierra) pone a disposición de los usuarios los datos e imágenes de los satélites Sentinel que se pueden descargar de forma gratuita.

De las múltiples aplicaciones posibles de estos datos sirvan de ejemplo algunos casos muy mediáticos, entre los que destaca el seguimiento de catástrofes. En 1998 la rotura de la presa de Aznalcollar, que vertió lodos tóxicos y metales pesados al río Guadiamar fue monitorizada mediante sensores remotos. En este caso fue preciso el uso del sensor aerotransportado Daedalus del Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales (INTA) para cartografiar el área

afectada por el alcance de la contaminación (Antón-Pacheco et al., 1999). Asimismo, el seguimiento satelital ha sido esencial en los grandes accidentes nucleares, accidentes químicos, inundaciones, etc. y seguimiento del daño ambiental. (Gandía et al. 1993, Martínez-Vega, y Martín, 2011, Pérez y García, 2013, Núñez-Villalba, 2016, etc.). Por lo tanto, la teledetección no solo ayuda a profundizar en el conocimiento de la geografía física de los territorios y su dinámica, sino que es fundamental en la geografía física aplicada, cuyos principales pilares son la ordenación del territorio, evaluación de la calidad ambiental, el seguimiento de numerosos indicadores, cálculo de riesgos, seguimiento de catástrofes y sus consecuencias a medio y largo plazo.

Al mismo tiempo que los satélites multiespectrales dedicados a estudios terrestres mejoran su resolución espacial van incorporándose desde finales del siglo XX otros de mayor detalle para trabajar a gran escala, alcanzando inicialmente una resolución espacial de 1 m y espectral de 4 bandas (3 visibles y 1 infrarrojo cercano) y otra pancromática. Se dedican especialmente a estudios urbanos, de vegetación, catástrofes y en temas de seguridad, con el inconveniente de ser la mayoría de uso comercial. Así destacan las series Ikonos (desde 1999), Eros (2000) QuickBird (2001), Overview (2003), Formosat (2005), CartoSat (2005), TopSat (2005), Wordview (2007), Geoeye (2008), Geosat-2 (2014) y Visión-1 (2018). De estos satélites de alta resolución el IGN pone a disposición de los usuarios los datos de las imágenes georreferidas del Geosat de todo el territorio español, que alcanzan 0,75 m y 5 bandas espectrales (azul, verde, rojo, infrarrojo cercano y pancromática).

España se incorpora a la observación espacial de muy alta resolución con las series Pleiades (2013) y Deimos (2014). Los primeros forman una constelación que sigue operativa, con detalle de hasta 0,5 m y enfocado a cartografía, hidrología, prospección geológica, agricultura, silvicultura, planificación urbana; su versión más moderna, Pléiades Neo (2021), está enfocada además a la gestión de crisis dado que alcanza 0,30 m de resolución espacial. Con características similares los microsatélites Deimos constituyen la participación española en la Constelación para la Monitorización de Desastre Naturales (*Disaster Monitoring Constellation*), junto con otros microsatélites de diferentes países (Nigeria, Reino Unido, etc.). Los actuales satélites comerciales de muy alta resolución espacial llegan hasta los 25 cm, superados sólo por los satélites militares. La mayoría de los primeros forman constelaciones entre varios países con la posibilidad de reprogramación para seguir eventos catastróficos puntuales o para el seguimiento de algunas investigaciones de seguridad civil. Cabe destacar el Cartosat de la India desde 2005, WorldView 1 desde 2007, el NigeriaSat 2 desde 2011, el KompSat 5 coreano desde 2013, todos ellos capa-

ces de cartografiar elementos inferiores al metro tales como vehículos, redes de carreteras, zonas aisladas, trazados viales de oleoductos, ferroviarios, además de los usos ya mencionados. En general, todos disponen de una banda pancromática y 4 multiespectrales, aunque la serie norteamericana WorldView aporta además numerosos canales del borde del rojo, infrarrojo próximo y hasta ocho del infrarrojo medio, lo que permite extender los estudios de detalle a temas de litología y suelos con una precisión de 0,5 a 0,3 m. También, dispone de otras bandas específicas para medir la presencia de nubosidad, aerosoles, nieve, agua y vegetación, lo que lo convierte en un satélite de usos multidisciplinares.

BIBLIOGRAFÍA

Antón-Pacheco, C.; Gumiel, J. C.; De Miguel, E.; Gómez, J. A.; Gutiérrez, O., & Rejas, J. G. (1999). «Cartografía del vertido de lodos de la mina de Aznalcóllar mediante imágenes Daedalus ATM». *Revista de Teledetección*, 12, 1-6.

Chuvieco, E. (1990). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Edit. Rialp. 453 pp.

ESA, Agencia Espacial Europea. (s.f.) https://dataspace.copernicus.eu/

Gandía, S., & Meliá, J. (Eds.). (1993). *La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Climatología y desertificación*. Universitat de València.

García-Soto, C. (2006). «La Red Nacional de Teledetección Oceanográfica». *Revista de Teledetección*, 25: 5-9.

Instituto Geográfico y Catastral, Consorcio de Información y Documentación de Cataluña. (1975) *Aplicaciones de percepción remota a las ciencias de la Tierra*. Madrid.

Labrandero, J. L. (1978). *Aplicación de métodos digitales al reconocimiento de suelos mediante sensores remotos*. Universidad Autónoma de Madrid. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. http://hdl.handle.net/10486/675552

Martínez-Vega, J., y Martín, P. (eds.) 2011. *Guía didáctica de Teledetección y Medioambiente*. Red Nacional de Teledetección ambiental. Centro de Ciencias Humanas y Sociales. C. S. I. C.

Palenzuela, J. M. T.; Vilas, L. G., & Cuadrado, M. S. (2006). Use of ASAR images to study the evolution of the Prestige oil spill off the Galician coast. International *Journal of Remote Sensing*, 27(10), 1931-1950. https://doi.org/10.1080/01431160512331314038

Pérez González, M. E., & García Rodríguez, M. P. (2009). «El hielo marino de latitudes polares: evolución anual e interanual» (1979-2008). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (50). Recuperado a partir de https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1101

Pérez González, M. E., & García Rodríguez, M. P. (2013). «Aplicaciones de la teledetección en degradación de suelos». *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (61). https://doi.org/10.21138/bage.1545

Piera, L. C., & de las Cuevas, R. N. 1972. «La utilización de los Sensores Remotos para la planificación Urbana y la ordenación territorial». *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 12: 51-62.

Núñez de la Cuevas, R. (1972). *Aspecto técnico de los métodos de percepción remota*. II Jornadas técnicas sobre Medio Ambiente. Feria Internacional de Muestras de Barcelona.

Núñez de la Cuevas, R. (1974). *Sistemas de percepción remota y cartografía automática en la planificación territorial*. Primer curso de planificación territorial. Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. Madrid.

Núñez de la Cuevas, R. (1976). *Thematic Mapper, Land Use, Geological Structure, and Water Resourcesin Central Spain*. N. A. S. A. Final report, Project n.º 28.760.

Núñez de la Cuevas, R., y López de Lemos, G. (1976). «Tecnología de los sensores remotos y programas espaciales para el estudio de los recursos naturales y del medio ambiente». *Enciclopedia Avances del Saber*, III. Edit. Labor, Barcelona, 322-349.

Núñez de las Cuevas, R.; Chuvieco, E.; Sancho, J.; Palou, F., y Casas, J. M. (1983). «Mapa de usos del suelo de la región central: estudio piloto sobre la aplicación del tratamiento digital del Landsat 2 a la confección de mapas de usos del suelo». *Geographica*, XXV: pp.

Núñez-Villalba, J. (Edit. y coord.). (2016). «Monitoreo espacial de desastres y riesgos a través de imágenes de satélite - medyratis». *Serie observación de la Tierra*. Vol. 2.

Rebollo, M.; Ortí, F., y Camarasa, J. M. (1977). *Supervised and unsupervised classification of the Delta of the Ebro River: Land use study using Landsat data*. Centro de Investigation, UAM-IBM, Madrid SCR 01.77.

Torres, J. M.; Cotos, J. M.; Triñanes, J., y Arias, J. (1995). «Estudio de eventos oceánicos en la costa gallego -portuguesa usando correlación de imágenes NOAA-AVHRR y vientos geostróficos». *Revista de Teledetección*, 5: 1-7.

Sanz Donaire, J. (1978). «Interpretación geomorfológica sobre datos del Landsat». *Las Ciencias*, 43(2), 143-147.

USGS, United States Geological Survey. (s.f.). https://earthexplorer.usgs.gov/

RESUMEN

EVOLUCIÓN DE LA TELEDETECCIÓN APLICADA A GEOGRAFÍA FÍSICA

Las aplicaciones de las imágenes de satélite para el estudio del territorio arrancaron en la década de los sesenta y continúan hasta la actualidad, cada vez con mayor precisión espacial y temática. En España Núñez de las Cuevas fue uno de los pioneros en la formación y difusión de la teledetección y sus aplicaciones en la cartografía medioam-

biental. Los datos satelitales permiten analizar el clima, geomorfología, hidrología y biogeografía. La interpretación de la teledetección ha pasado a ser un componente fundamental de la formación de geógrafos, del enriquecimiento de la investigación en Geografía y del seguimiento de la ordenación del territorio. En este trabajo se han sintetizado los principales satélites estructurado por su temática en los distintos campos de la Geografía Física destacando solo algunas de las aplicaciones más relevantes.

Palabras clave: satélites, sensores, geografía física, teledetección.

ABSTRACT

REMOTE SENSING EVOLUTION APPLIED TO PHYSICAL GEOGRAPHY

The use of satellite images for land studies began in the 1960s and continues to this day, with increasing spatial and thematic precision. In Spain, Núñez de las Cuevas was one of the pioneers in the training and dissemination of remote sensing and its applications in environmental mapping. Satellite data allow the analysis of climate, geomorphology, hydrology and biogeography. Remote sensing interpretation has become a fundamental component of geographer training, the enrichment of geography research and monitoring of land use planning. This paper has summarized the main satellites structured by their subject matter in the different fields of Physical Geography, highlighting only some of the most relevant applications.

Key words: satellite, sensors, physical geography, remote sensing.