

Didáctica Geográfica nº 12, 2011, pp. 91 - 109

ISSN: 0210-492-X

D.L: MU 288-1977

UTILIDAD DE LA GUÍA DIDÁCTICA DE TELEDETECCIÓN Y MEDIO AMBIENTE PARA LA ENSEÑANZA ACTIVA DE LA GEOGRAFÍA

Javier Martínez-Vega

Pilar Martín

José Manuel Díaz

Recibido: Diciembre 2011

Aceptado: Diciembre 2011

RESUMEN:

La guía está concebida como un atlas en el que se ha compilado una abundante colección de imágenes de la Tierra y de los océanos, adquiridas desde distintos satélites, plataformas espaciales tripuladas y desde la Estación Espacial Internacional. Ilustran distintos fenómenos y riesgos naturales y diferentes impactos provocados por el hombre sobre los recursos naturales. En resumen, se trata de un recurso didáctico para la enseñanza activa de la Geografía, y de otras ciencias afines, en Secundaria y Bachillerato. También se comentan las razones que dificultan el empleo de este tipo de recursos audiovisuales en las aulas.

Javier Martínez-Vega. Instituto de Economía, Geografía y Demografía, Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC), c/ Albasanz, 26-28. 28037 Madrid. Tel. (34) 91 602 23 95. Email: javier.martinez@cchs.csic.es

Pilar Martín. Instituto de Economía, Geografía y Demografía, Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC), c/ Albasanz, 26-28. 28037 Madrid. Tel. (34) 91 602 23 93. Email: mpilar.martin@cchs.csic.es

José Manuel Díaz. Colegio San Gabriel, Avda. Pasionistas s/n. 28806 Alcalá de Henares, Tel. (34) 91 889 06 50. Email: montejobricia@yahoo.es

PALABRAS CLAVE: Teledetección, observación de la Tierra, Medio Ambiente, enseñanza activa de la Geografía.

ABSTRACT:

The guide is elaborated as an atlas in which there has been compiled a rich collection of images of the Earth and oceans, acquired from several satellites, from spatial crewed platforms and from the International Space Station. They illustrate several geographic features, natural risks and various man-made impacts on natural resources. In short, it is a didactic tool to be used for active education of Geography and other related sciences in Secondary and High School. It is also indicated the reasons that interfere the availability of this type of audiovisual resources in the classrooms.

KEY WORDS: Remote Sensing, Earth Observation, Environment, active teaching of Geography.

RÉSUMÉ:

Le guide est conçu comme un atlas qui a compilé une riche collection d'images de la Terre et les océans, acquis auprès de différents satellites, habités plates-formes spatiales et de la Station Spatiale Internationale. Images illustrent les différents phénomènes géographiques et les différents risques naturels et les impacts humains sur les ressources naturelles. En bref, il s'agit d'une ressource éducative pour une pédagogie active de la Géographie, et d'autres sciences connexes dans les écoles secondaires et supérieures. On aborde également les raisons qui empêchent l'utilisation de ce type de ressources audiovisuelles en classe.

MOTS CLÉS:

Téledétection, observation de la Terre, Environnement, pédagogie active de la Géographie.

1. LA FUNCIÓN PEDAGÓGICA DE ATLAS Y TUTORIALES DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

Desde los años 50 del siglo XX se vienen editando atlas, tutoriales y guías, en distintos idiomas, que incorporan colecciones y repertorios de fotografías aéreas, fotografías captadas desde plataformas espaciales tripuladas (Geminis, Apollo, Space Shuttle, Estación Espacial Internacional, etc.) e imágenes de satélites heliosíncronos y geoestacionarios.

La mayor parte de estas obras tienen un propósito didáctico o formativo ya que su objetivo principal es adiestrar a sus lectores y usuarios (ingenieros, técnicos, profesores, investigadores y otros profesionales), mediante un conjunto de claves, en la fotointerpretación y reconocimiento de determinados rasgos y características de la superficie terrestre, vistos oblicua o verticalmente desde el aire o desde el espacio, en

función de la geometría de la observación y de la altura de vuelo de la plataforma empleada.

Una de las primeras obras de este estilo la editó el Instituto Geográfico Nacional de Francia (IGN, 1957). En distintas láminas se presenta un conjunto de estereogramas pancromáticos, junto a sus mapas topográficos correspondientes de escala 1:20.000, para ilustrar diversos aspectos relacionados con las infraestructuras viarias, eléctricas, las construcciones, el relieve, la hidrografía, vegetación y la arqueología. Finalmente, se muestran pares de fotografías aéreas, de un mismo territorio, captadas con emulsiones sensibles a distintas regiones espectrales (visible e infrarrojo cercano).

Uno de los primeros y más conocidos tutoriales, que incorporó un amplio repertorio de imágenes del satélite Landsat, ha sido la obra de Short (1982). Tras una introducción de los conceptos fundamentales relacionados con la Teledetección, el autor trata de familiarizar al lector con las imágenes Landsat y le proporciona una información útil para la fotointerpretación de las mismas, para su comparación con las fotografías aéreas y para el reconocimiento de múltiples entidades geográficas. En cada capítulo se proponen unos objetivos de aprendizaje y se suministran distintas láminas y transparentes para que el usuario realice los ejercicios prácticos que le sugiere el autor. Se muestran otras imágenes multiespectrales y de radar.

Poco más tarde, comenzaron a editarse atlas continentales (Sancho y Chuvieco, 1992), nacionales (Bullard y Dixon-Gough, 1985; Sancho y Martín Lou., 1992), regionales (Moreira y Ojeda, 1992) o provinciales (Sancho y Chuvieco, 1986) que contienen un gran número de imágenes de satélite junto a fotografías aéreas y de campo, croquis, mapas temáticos y modelos tridimensionales que ilustran diversos aspectos de la realidad geográfica de estos territorios, el recorrido a través de itinerarios, simulados con el apoyo de las imágenes de satélite, o la visita virtual a áreas protegidas terrestres, litorales y marinas.

En esas fechas, también se editó una guía técnica del proyecto CORINE-Land Cover (Communautés européennes, 1993). Este proyecto coordina la información ambiental del conjunto de la Unión Europea y, de forma más específica, elabora, de forma armonizada, una cartografía de ocupación del suelo, a escala 1:100.000, con una leyenda jerárquica común, basada en la interpretación visual de imágenes Landsat o Spot. En esta guía técnica se explican los procesos seguidos para la elaboración de esta serie de cartografía temática en la UE. En la segunda parte de la guía se explican las 44 categorías del nivel 3 de la leyenda, aportando una imagen de satélite donde se visualiza un ejemplo de cada clase, el resultado de la fotointerpretación de cada imagen y un fragmento de la cartografía básica o temática de cada una de las imágenes utilizadas como ejemplos. Se pretendió que esta guía fuera una referencia para todos aquellos que trabajaron en el proyecto, especialmente para los fotointérpretes, y para los responsables y técnicos de las series cartográficas nacionales de ocupación del suelo que pudieran aplicar o replicar esta metodología en sus países.

En la actualidad, existe una serie cartográfica de ocupación y uso del suelo de toda la UE, realizada en distintos momentos (1990, 2000 y 2006), de forma que se puede realizar un análisis temporal de detección de cambios, especialmente útil en las zonas más dinámicas del territorio europeo, y un análisis de tendencias, así como la simulación de escenarios futuros.

Unos años después, en España, González (2006) realizó una propuesta de guía de fotointerpretación, similar a la de CORINE-Land Cover, en el marco del proyecto español SIOSE, empleando imágenes de satélite de mayor resolución espacial (30 m. de Landsat ETM, 24 m. de IRS 1-C, 2,5 m. de SPOT, 1 m. de IKONOS), ortofotografías aéreas del PNOA (0,5 m.) y mapas de escala 1:25.000 y mapas catastrales para ilustrar, gráficamente, y referenciar cada una de las clases de la leyenda del Sistema de Información sobre la Ocupación del Suelo en España.

También se ha replicado la metodología de CORINE-Land Cover en Colombia, editándose una guía de fotointerpretación adaptada a las condiciones biogeográficas del país andino (IDEAM, 2010) y, de forma más detallada, a las condiciones de la Amazonía Colombiana (Murcia, 2009).

A finales del siglo XX, Gurney et al (1993) publicaron un atlas de imágenes multitemporales de satélite, de pequeña escala, relacionado con el cambio global. Igualmente, National Geographic (1998) editó un atlas mundial de gran interés, basado en imágenes captadas por distintos sensores y en conjuntos de mosaicos construidos con multitud de imágenes de satélite. Tras la habitual introducción, para familiarizar al lector con la tecnología utilizada por los sistemas de observación de la Tierra, se hace un repaso a fenómenos de escala mundial (temperatura superficial del mar y de las tierras emergidas, variabilidad del nivel de mar, diferencias de temperaturas diurnas y nocturnas, precipitaciones, profundidad de las masas de hielo terrestres y marinas, distribución y productividad primaria de ecosistemas, velocidades de los vientos, topografía y batimetría de la Tierra, la tectónica de placas, huracanes y otros fenómenos atmosféricos, -El Niño, etc.-) que tanto preocupan a la opinión pública, en el contexto de los estudios de cambio global. Después, se hace un repaso temático en el que se muestran las geoformas, las fuerzas de la naturaleza, los impactos humanos y un catálogo de ciudades por continentes. Cinzano *et al* (2001) presentaron el primer atlas mundial de la contaminación lumínica de acuerdo a un modelo de propagación de la luz a través de la atmósfera y de los datos calibrados de radiancias del satélite DMSP. El mosaico de imágenes ilustra la distribución de luces en el mundo y, de forma indirecta, los docentes pueden explicar los modelos de distribución de la población y de las grandes ciudades en el mundo, los desequilibrios y desigualdades y su relación con otras variables e indicadores de desarrollo humano y de sostenibilidad.

El Centro Canadiense de Teledetección (CCRS, 2009) también ofrece un tutorial *on line* que incluye gran cantidad de imágenes de satélite, ejemplos y ejercicios que facilitan el aprendizaje de las asignaturas relacionadas con la Geografía y otras Ciencias de la Tierra.

En el contexto del cambio global, Boyer *et al* (2009) han realizado un atlas mundial de los océanos y una gran base de datos en los que se analizan multitud de variables biofísicas y biogeoquímicas, tomadas mediante sondas y sensores in situ, que se comparan con datos de satélite, a modo de verdad terreno. Esta base de datos es de gran utilidad para el progreso de los estudios del Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC) y la toma de decisiones de sus responsables.

Focalizados en temas más concretos, se publicaron algunos atlas, que utilizaban imágenes Landsat. Además de mostrar el territorio de la Antártida hasta los 81° de latitud S (Williams y Ferrigno, 1988), estas imágenes han proporcionado nueva y valiosa información glaciológica. Holligan *et al* (1989) publicaron un atlas sobre el Mar del Norte en el que mostraron los complejos cambios estacionales de las propiedades biológicas de las aguas superficiales, las concentraciones de clorofila y de otros pigmentos. Para ello, emplearon imágenes CZCS (Coastal Zone Color Scanner). En otras aplicaciones, Arino y Rosaz (1999) coordinaron la elaboración de un atlas mundial de incendios forestales mediante el procesamiento de más de 70.000 productos, generados a partir de los datos obtenidos por el sensor activo ATSR-2 del satélite europeo ERS-2.

A nivel nacional, el Instituto Geográfico Nacional coordina el Plan Nacional de Teledetección y el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea. Recientemente, ha desarrollado un visor cartográfico en el que se puede visualizar, de forma dinámica e interactiva, un mosaico continuo de imágenes espaciales –de baja, media y alta resolución espacial- y de ortofotografías aéreas de todo el territorio nacional.

<http://www2.ign.es/iberpix/visoriberpix/visorign.html>

El usuario puede activar o desactivar otras capas de información complementaria, como el mapa de ocupación y uso del suelo CORINE-Land Cover o la cartografía básica.

En resumen, este conjunto de herramientas y, en particular, las imágenes de satélite pueden ser de gran utilidad para los docentes y alumnos relacionados con asignaturas de Geografía y de Ciencias de la Tierra, como otros autores han puesto en evidencia en trabajos anteriores (Chicharro y Martínez-Vega, 1992; Martínez-Vega, 1997).

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Como se ha visto en el apartado anterior, existe un amplio abanico de recursos didácticos –tutoriales, guías, repertorios de imágenes y atlas-, que recopilan una vasta colección de imágenes de satélite ilustrativas de distintos hechos, fenómenos y procesos geográficos, que pueden ser utilizados en las aulas para la enseñanza de la Geografía y de otras disciplinas relacionadas con ella, como las Ciencias de la Tierra o las Ciencias Naturales.

Este trabajo plantea la hipótesis de que, a pesar de la existencia de este abundante material disponible y de otros recursos didácticos complementarios, relacionados con los mapas y visores cartográficos, con las Infraestructuras de Datos Espaciales y con los trabajos de campo e itinerarios, buena parte de los docentes de estas asignaturas, en Bachillerato y en el segundo ciclo de ESO, y de los alumnos no conocen su existencia y/o no lo utilizan por diversas circunstancias y dificultades que, posteriormente, se comentarán. La ausencia del empleo de estos recursos didácticos y de otros complementarios ocasiona, en algunos casos, una actitud de rechazo de los alumnos hacia la Geografía y, en los casos extremos, fracaso escolar. Éste es uno de los temores de las autoridades educativas y de algunas entidades preocupadas por la formación integral del individuo y de la sociedad, por lo que apoyan, financiera y logísticamente, actividades e iniciativas que mejoren el rendimiento escolar. Entre estas iniciativas, se destaca una que está muy relacionada. La Universidad de Zaragoza ha designado la figura de armonizadora de Geografía en Aragón, una profesora del Departamento de Geografía que conecta con los profesores de Bachillerato de la asignatura en los distintos centros educativos de la región, les orienta, proporciona información sobre los recursos didácticos y les ayuda a preparar la Prueba de Acceso a la Universidad (Ibarra, 2011). Desde que está en marcha esta acción, se ha incrementado el acceso de alumnos al grado de Geografía, en primera opción. Además, ha disminuido el porcentaje de alumnos que sienten algún tipo de rechazo por esta asignatura en Bachillerato y Secundaria.

El objetivo de este artículo es divulgar la Guía Didáctica de Teledetección y Medio Ambiente, que a continuación se presenta, a los profesores de Bachillerato y de Secundaria para que, si lo creen conveniente, puedan utilizarla como recurso didáctico en sus clases de Geografía, Ciencias Naturales y Ciencias de la Tierra. Por otra parte, se trata de reflexionar sobre su utilidad en las aulas, haciendo un análisis crítico sobre sus posibilidades y las dificultades de su empleo.

3. LA ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DIDÁCTICA DE TELEDETECCIÓN Y MEDIO AMBIENTE

La Guía Didáctica de Teledetección y Medio Ambiente es un recurso electrónico reciente, localizable en la red, de acceso gratuito que pretende convertirse en un repertorio de imágenes espaciales de utilidad didáctica para la enseñanza de la Geografía y de otras disciplinas afines como las Ciencias de la Tierra y las Ciencias Ambientales.

Surge como un proyecto de la Red Nacional de Teledetección Ambiental, una iniciativa enmarcada en el contexto de las Acciones Complementarias del Ministerio de Ciencia e Innovación. Esta red está vinculada a la Asociación Española de Teledetección y ha sido llevada a cabo gracias a la colaboración de once universidades y de tres organismos públicos de investigación españoles, coordinados por la

Universidad de Alcalá. Las actividades, desarrolladas entre 2008 y 2010, se han estructurado en torno a cinco ejes temáticos: organización de jornadas técnicas, preparación de publicaciones, recopilación de información, encuentros entre docentes y difusión de información.

Los antecedentes de la guía se remontan a los años 2002-2004. En ese período se celebraron tres ediciones de una exposición y de una visita guiada titulada Teledetección y Medio Ambiente, dirigida al público en general pero focalizando el interés sobre profesores y alumnos universitarios, de bachillerato y de secundaria obligatoria. Estas actividades se desarrollaron en el marco de la II, III y IV Semana de la Ciencia de Madrid que organizaron, en esos años, la Comunidad de Madrid y la Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT). Dentro de su Programa de cultura científica, la Comunidad de Madrid pretendía involucrar, en la ciencia y la tecnología, a los ciudadanos de la región madrileña mediante una participación activa. El CSIC y la Comunidad de Madrid ofertaron estas actividades al público en general y, de forma especial, a colegios, institutos, universidades y otros centros de formación madrileños, registrando una buena respuesta.

Cada profesor y grupo de alumnos visitantes era recibido por un investigador del grupo de Tecnologías de la Información Geográfica (CSIC), que ejercía de guía. Tras entregarles un dossier con información más detallada sobre la exposición y sobre otros recursos didácticos (listado de manuales, programas y tutoriales de Teledetección, enlaces a los sitios webs donde localizar las imágenes expuestas, etc.), se les acompañaba a la sala de proyección donde se emitía el video Teledetección y Medio Ambiente, (Chuvienco, 1995). Es un documental de 20 minutos de duración, en el que se explica, de forma muy didáctica y visual, cómo se registran las imágenes de satélite, cuáles son los satélites de recursos naturales más conocidos y cuáles son las principales aplicaciones relacionadas con el Medio Ambiente.

Posteriormente, el guía acompañaba a los visitantes a un recorrido por la exposición, a través de una serie de paneles que incluían una selección de llamativas imágenes de satélite, en gran formato, impresas en papel fotográfico. Los paneles se estructuraban de manera que, ordenadamente, fueran repasando los siguientes temas: una historia gráfica de la Teledetección, las ventajas de la Teledetección espacial frente a otras fuentes convencionales de información geográfica, un recorrido por los principales riesgos naturales y los impactos humanos sobre el Medio Ambiente más relevantes. Finalmente, se explicaban las investigaciones que se llevaban a cabo en el Instituto de Economía y Geografía del CSIC, empleando imágenes de satélite. De forma simultánea, a través de un cañón de video, se proyectaba un repertorio de imágenes de satélite, complementarias de las expuestas en los paneles.

A partir de esta experiencia, sus organizadores plantearon convertir esta exposición audiovisual en una guía didáctica, en soporte digital, que pudiera ser un documento permanente de ayuda a los docentes de los niveles antedichos, para que pudieran

ilustrar, gráficamente, los contenidos de algunas asignaturas relacionadas con la Geografía y el resto de las Ciencias de la Tierra.

Los objetivos de la guía son:

1. Divulgar los principios físicos de la Percepción Remota, las ventajas respecto a otros sistemas de observación de la Tierra y, sobre todo, dar a conocer un repertorio seleccionado de aplicaciones ambientales de la Teledetección.
2. Proporcionar un material didáctico visual de calidad a los docentes de las enseñanzas secundaria, bachillerato y superior para explicar procesos ambientales que preocupan a la sociedad.
3. Facilitar el acceso a otros recursos pedagógicos, especialmente a otras imágenes y fotografías espaciales disponibles en los servidores de imágenes consultados.
4. Concienciar a los alumnos y lectores de la guía sobre la necesidad de conservar el Medio Ambiente y de adoptar unas pautas respetuosas con él.

El público al que va dirigida esta guía es similar al de la exposición y visita guiada, anteriormente comentada. La guía va destinada, principalmente, a los profesores y alumnos de bachillerato y segundo ciclo de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) relacionados con las Ciencias de la Tierra, Ciencias Ambientales, la Geografía y disciplinas afines. No obstante, también se dirige a alumnos universitarios de primer ciclo, de Formación Profesional y al público en general, interesados en conocer mejor las técnicas e instrumentos de observación de la Tierra, el Medio Ambiente, los riesgos naturales y la huella del hombre sobre los distintos ecosistemas de nuestro planeta.

Estructuralmente, la guía se organiza en torno a 7 capítulos. El primero contiene una breve introducción (p. 1). El segundo sintetiza la historia de la Teledetección (pp. 2-3), de forma muy gráfica. El tercero (pp. 4-8) recoge unas nociones básicas de Teledetección, para que los lectores no especializados comprendan el contenido de la guía. Se incluye un flujo de trabajo que explica las distintas etapas comprendidas, desde la recogida de información hasta su procesado, y la obtención de productos derivados (mapas, modelos, etc.). También se muestran distintas combinaciones de color y se explican las diferencias entre ellas.

En el cuarto capítulo (pp. 9-15) se presentan las ventajas de la Teledetección espacial frente a otros sistemas tradicionales de observación de la Tierra, como la observación directa a través de trabajos de campo o la fotografía aérea. Entre otras ventajas se enfatiza sobre la visión global de los satélites, la información que proporcionan en regiones no visibles del espectro, la observación de la Tierra a distintas escalas, desde la local a la global, la frecuencia temporal de las adquisiciones, mucho mayor que las obtenidas desde plataformas aéreas, y la homogeneidad de las condiciones atmosféricas en el momento de las adquisiciones.

En el quinto capítulo (pp. 16-109) se repasan diversos riesgos naturales vistos desde el espacio, así como sus consecuencias. En concreto, se explica el origen de los huracanes, su distribución geográfica en el mundo y el impacto de los mismos sobre el territorio y sobre las economías de los países afectados. Asimismo, se revisan los riesgos geológicos más importantes, tanto los de origen interno -volcanes y sismos (terremotos y tsunamis)-, como los de origen externo -inundaciones y deslizamientos de ladera-. Por otra parte, se presta atención a otros fenómenos naturales de gran radio de cobertura. Gracias a la visión global de los satélites es posible observar estos fenómenos en su conjunto. Algunos ejemplos incluidos en la guía son las grandes tormentas de arena, grandes geoformas y los glaciares. También se ha recopilado una abundante colección de imágenes relacionadas con los grandes ríos del mundo y con sus deltas y/o estuarios.

En el sexto capítulo (pp. 110-195), las actividades humanas son las protagonistas y las huellas que ellas dejan sobre el territorio y sobre el Medio Ambiente. Se revisan los distintos modelos que las sociedades realizan en el proceso de ocupación del territorio. También se ilustran, mediante una amplia colección de imágenes de satélite, los efectos de la deforestación por el avance de la frontera agrícola o por los incendios forestales, los impactos en los ecosistemas acuáticos en modo de desecación de las láminas de agua, de su eutrofización o de los vertidos de hidrocarburos en el mar, el proceso de urbanización en el mundo y las grandes infraestructuras. Se eligen una serie de impactos muy significativos. Se reflexiona sobre las consecuencias ambientales de estos procesos.

Estos dos últimos capítulos son los más importantes de la guía, a los que se dedica el mayor espacio. Los autores han querido poner el énfasis en ellos con objeto de mejorar el conocimiento de los procesos naturales y humanos que influyen sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos y de concienciar a las sociedades para reforzar sus compromisos en la conservación de los recursos naturales y en el logro de un desarrollo sostenible.

En el último apartado (pp. 196-197), se relacionan manuales y tutoriales de Teledetección donde los lectores, alumnos y profesores, a los que va dirigida la guía, pueden profundizar en sus conocimientos y aprendizaje de esta técnica de observación de la Tierra.

Los recursos gráficos de la guía son extensos: 260 figuras ilustran sus 197 páginas. Junto a mapas, fotografías oblicuas de campo y espaciales, tomadas por los astronautas desde distintas plataformas, un total de 215 imágenes de satélite son los recursos gráficos principales, pretendiendo convertirse en útiles recursos didácticos para los profesores de las materias antes mencionadas. La mayoría de ellas tiene alta resolución, por lo que admiten ser reproducidas en un formato grande. Todas las imágenes tienen una figura auxiliar junto a ellas, un globo terráqueo en el que, mediante un punto rojo, se sitúa la imagen en su contexto geográfico, facilitando la lectura de la guía. Asimismo, en los pies de foto se indican las fuentes de cada imagen,

de manera que el lector pueda localizar una imagen determinada en el servidor de imágenes, en Internet, de donde ha sido tomada gratuitamente.

Las fuentes de información utilizadas han sido muy variadas. Principalmente, se han descargado imágenes de los sitios webs de las agencias espaciales más relevantes - como la estadounidense NASA, europea ESA, alemana DLR, francesa CNES, la Agenzia Spaziale Italiana, la taiwanesa NSPO-, de los consorcios de empresas privadas de distribución de imágenes de satélite (Spot Image, Digital Globe, GeoEye, Deimos) y de otras agencias medioambientales, de cooperación o investigación (UNEP, USGS, NOAA, NCGIA, ITOFF, Cruz Roja, Institut de Geomàtica).

La guía se ha maquetado, en formato atlas, utilizando Adobe InDesign CS3. A partir del archivo primario se han generado distintos productos, en formato estándar .pdf. Existe una versión para imprimir página a página. Puede imprimirse en formato DIN-A4 o, si el usuario lo prefiere, en DIN-A3, gracias a la calidad de las imágenes de satélite seleccionadas. También se ha confeccionado otra versión para lectura directa en ordenador, de manera que el lector observa el pliego completo en cada página, como si el libro estuviese abierto. Ambas versiones pueden ser descargadas gratuitamente desde la web de la Asociación Española de Teledetección y desde el repositorio institucional Digital CSIC en los siguientes enlaces:

<http://www.aet.org.es/?q=guia-didactica>

<http://digital.csic.es/handle/10261/28306>

A finales de 2010, con la ayuda para actividades de divulgación científica del Instituto de Economía, Geografía y Demografía (CSIC), se realizó una edición digital de 500 ejemplares de esta guía, en soporte físico tipo CD, con objeto de facilitar su distribución entre profesores, alumnos y el gran público. Se ha distribuido un 75% de los ejemplares, especialmente entre los Centros de Profesorado y Recursos (CPR) de todas las Comunidades Autónomas, entre docentes de Iberoamérica y en las conferencias de usuarios de SIG y Teledetección.

Dado el interés del mercado estadounidense, se ha propuesto recientemente a la editorial John Wiley & Sons la publicación de la guía en inglés. Por otra parte, a pesar de la escasa participación de Brasil en las estadísticas de uso de Digital CSIC, presentadas en la figura 1, es reseñable la iniciativa de un profesor de la *Universidade Federal de Santa Maria*. Ha solicitado permiso para disponer del archivo original de la guía, en formato Adobe Indesign, con objeto de traducir los textos al portugués, sujetando el nuevo producto resultante a una licencia *Creative Commons*, de manera que, al igual que el original, sea un recurso *Open Access* y la iniciativa no tenga un espíritu de lucro.

En 2011 y 2012, la Obra Social de Ibercaja, en colaboración con la Fundación Aragonesa para el Desarrollo de la Observación de la Tierra (FADOT), el CSIC, la Universidad de Zaragoza y el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria

de Aragón, está contribuyendo a la divulgación de esta materia mediante la organización de jornadas de difusión, de una exposición itinerante de imágenes de satélite, cursos, conferencias y la presentación de esta obra en las principales ciudades de Aragón y de su ámbito geográfico de influencia.

http://www.fundacionfadot.es/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=40

Por último, una Comisión del Departamento de Publicaciones del CSIC está estudiando la posibilidad de realizar una edición impresa de esta obra, en formato DIN-A3, dentro de su Colección de Divulgación que se publicará, en caso de ser aprobada, en 2012.

En el futuro, se prevé incorporar nuevas imágenes actuales, como las que ilustran la erupción volcánica submarina en las inmediaciones de la isla canaria de El Hierro, las recientes emisiones de lava y ceniza del Etna, las referidas al tifón Washi, que está arrasando Filipinas y ha ocasionado abundantes deslizamientos de ladera, inundaciones y más de 400 muertos y las que muestran los efectos ocasionados por el tsunami generado por el terremoto de Tohoku-Oki, en Japón. También se pretende animar algunas imágenes multitemporales, con objeto de facilitar la comprensión de algunos fenómenos descritos, dinámicos en el tiempo y en el espacio.

También se prevé solicitar la incorporación de esta guía didáctica en la Videoteca Virtual ATEI (Sevilla, 2004) que persigue incentivar el uso didáctico e innovador de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación para mejorar la calidad de la formación en todos los niveles educativos. Esta plataforma contiene videos temáticos, acompañados de guías didácticas y de otros materiales complementarios, referencias bibliográficas y enlaces en Internet a otros recursos pedagógicos. La guía didáctica de Teledetección y Medio Ambiente, junto a los videos de Chuvieco (1995, 2011), se adecua a esta filosofía.

Uno de los objetivos del vigente Plan Cartográfico Nacional 2012-2015, que coordinan el Consejo Superior Geográfico y el Instituto Geográfico Nacional, incide en esta misma filosofía. Uno de los tipos de recursos que se contemplan bajo este plan es multimedia, categoría bajo la cual se sugiere la producción combinada de guías didácticas junto a documentales en soporte video.

4. DIFUSIÓN DE LA GUÍA

La Asociación Española de Teledetección es el principal organismo de difusión de la guía. Adicionalmente, otros foros y organizaciones colaboran en su divulgación a través de la red, especialmente foros de estudiantes españoles de Geografía y de Ciencias de la Tierra (La Cartoteca y GeoNopia, por ejemplo), blogs y plataformas educativas de otros países iberoamericanos, como el del Sistema Nacional de Información Territorial, el Centro Nacional de Información Aeroespacial de Chile, la

Universidad Técnica Federico Santa María y GeoEspacial Tech Perú, entre otros. Se suman a esta iniciativa de libre divulgación plataformas on-line de librerías, como la de Freelibros y Ecoter wordpress, y el Newsletter IDE Iberoamérica. En estos casos, no se dispone de estadísticas sobre el número de visitas y descargas realizadas.

De forma paralela, el propio Consejo Superior de Investigaciones Científicas está divulgando esta obra a través de su repositorio institucional, Digital CSIC, una potente plataforma que figura en el puesto 31º, a nivel internacional, de acuerdo a un análisis de más de 1.100 repositorios internacionales. Esta plataforma sí dispone de las estadísticas de uso asociadas a cada obra contenida en ella. De acuerdo a los datos proporcionados en esta plataforma, la guía didáctica de Teledetección y Medio Ambiente ha sido descargada, gratuitamente, 664 veces entre octubre de 2010 y enero de 2012.

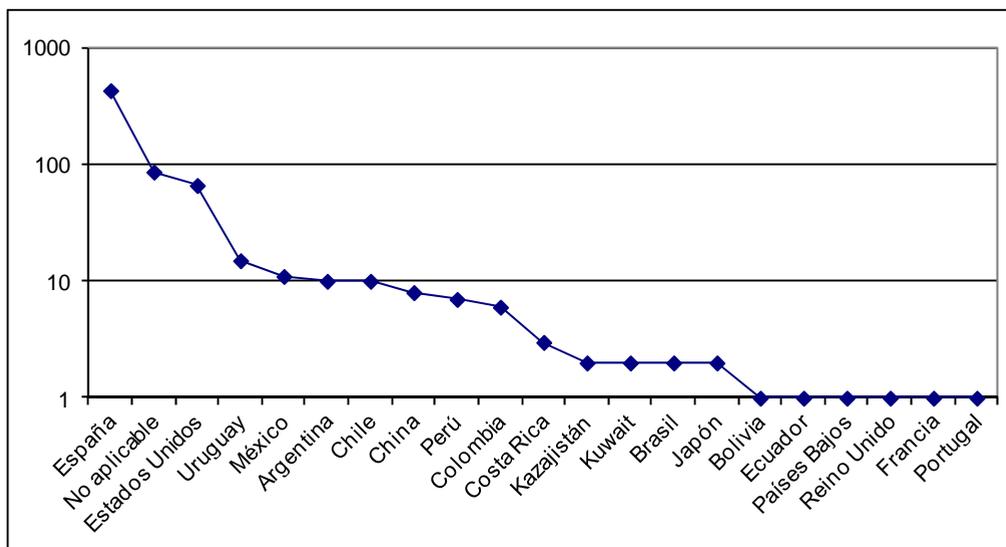


FIGURA nº 1: Estadística de descargas de la guía en Digital CSIC, entre octubre de 2010 y enero de 2012 (escala logarítmica en eje vertical). Fuente: <http://hdl.handle.net/10261/28306>

Descartando las 86 descargas realizadas desde dominios genéricos (.com o .net, por ejemplo), no atribuibles a países concretos, como parece lógico la mayor parte de las descargas -el 74%- se han producido desde España y desde países hispano-americanos. Llama la atención el elevado número de visitas -el 11% del total- y de descargas -el 10%- desde Estados Unidos. Parece razonable suponer que, en este caso, se trata de usuarios hispano-parlantes los que han visitado y/o descargado la guía. También es curioso observar que, en algunos casos, existen más descargas que visitas. Este hecho

parece responder al hecho de que existen enlaces directos a la zona de descargas desde otras webs o plataformas de recursos.

De un total de 38.667 registros disponibles en Digital CSIC, la guía didáctica de Teledetección y Medio Ambiente ha sido el 49º registro más visto en 2011, con un total de 576 visitas, el 7º registro más visto en septiembre de 2011, con un total de 217 visitas, y el 66º registro más descargado en septiembre de 2011, con un total de 317 descargas.

Otro canal de divulgación que se está utilizando es el de los Centros del Profesorado y de Recursos, los conocidos CEP o CPR. Se está involucrando, de forma activa, a los profesores. Se está realizando un mailing a los CPR de distintas Comunidades Autónomas con objeto de dar a conocer la disponibilidad de esta guía y de los recursos que contiene. Paralelamente y de forma entusiasta, algunos CPR colaboran en la divulgación de la guía a través de sus propias plataformas educativas de *e-learning*, como la iniciativa Educa Teledetección que está coordinando el CPR de Utrillas en Aragón.

5. APLICACIONES DE LA GUÍA

Potencialmente, la guía puede ser de gran ayuda para los docentes responsables de asignaturas como Ciencias de la Tierra y Medio Ambientales, impartida en 2º de Bachillerato. Los ejemplos que se ilustran en la guía pueden utilizarse como recursos didácticos, al menos, en los temas relacionados con los grandes problemas ambientales (el tránsito de lo local a lo global), la teledetección espacial, radiometría, yacimientos minerales, impactos de la minería, riesgos volcánicos, riesgos sísmicos, inundaciones, riesgos gravitacionales, circulación general de la atmósfera, situaciones de riesgo provocadas por las precipitaciones, contaminación atmosférica, contaminación de las aguas, gestión de las aguas, ecosistemas terrestres y acuáticos, impactos de la agricultura y de la ganadería, gestión de los bosques, espacios naturales protegidos y el impacto erosivo. En suma, el empleo asiduo de las imágenes en las aulas puede contribuir a concienciar a los alumnos sobre la necesidad de gestionar el territorio de una forma sostenible. Por otra parte, frecuentemente en los exámenes de Selectividad, se han planteado preguntas que se apoyan en imágenes de satélite. Así pues, no solo se usan los recursos visuales de la Guía sino que algunos profesores recurren a las fuentes originales, a los servidores de imágenes de las agencias espaciales (NASA, ESA) y de otras agencias gubernamentales. Asimismo, se emplea la fotografía aérea para explicar rasgos geológicos. También se hace alguna referencia a la guía en la asignatura de Ciencias para el Mundo Contemporáneo, de 1º de Bachillerato, aunque el temario de la misma es muy amplio.

En Secundaria se utilizan imágenes de satélites y fotografía geológica para mostrar elementos geográficos y geológicos singulares (cráteres de impacto, cráteres volcánicos), fenómenos geomorfológicos (fluviales, costeros), fenómenos

meteorológicos y alguna imagen que permite analizar, comparativamente, la evolución temporal de ecosistemas (glaciares) y de determinados procesos (desertificación, incendios).

Por último, la guía puede ser útil para entrenar a los alumnos de Bachillerato que participan y compiten en las Olimpiadas de determinadas asignaturas (Geología en Madrid, Geografía en Aragón). Las pruebas suelen incluir alguna imagen de satélite por lo que algunos profesores están interesados en trabajar, con los alumnos participantes, los contenidos de la guía relacionados con estas pruebas.

Se sugiere que las imágenes sean empleadas en las aulas, proyectadas en una pizarra digital, en una pantalla mediante el empleo de un cañón de video o bien visualizadas en los monitores de los ordenadores de un aula de prácticas, por ejemplo. Los profesores pueden comentar detalles concretos de una selección de imágenes, llamando la atención sobre cuestiones específicas. También pueden preguntar a los alumnos lo que observan en ellas, sobre las causas de determinados fenómenos observados y promover la reflexión sobre temas de actualidad relevantes. Martínez-Vega y López Vizoso (2010) proponen una pequeña serie de ejercicios al lector/usuario de la guía, siguiendo el ejemplo de Short (1982, 2010).

En resumen, esta guía didáctica puede ser, junto a otro material complementario – videos on-line (Chuvienco, 2011), DVD y VHS (Chuvienco, 1995), los repertorios cartográficos-, la base para una enseñanza visual y amena (Sevilla, 2004) no solo de la Geografía, sino también de otras ciencias afines como las Ciencias de la Tierra y las Ciencias Ambientales. Estos recursos también pueden ser muy útiles para su introducción en la enseñanza de las TIG en el ámbito universitario dentro de las diferentes titulaciones ambientales.

De esta manera, podrían cumplirse los objetivos previstos en el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) con respecto a las metodologías docentes más activas, basadas en el empleo de recursos informáticos en el aula. Los principios de la enseñanza activa pueden constituirse en el revulsivo necesario para combatir la tradicional y arraigada enseñanza memorística de la Geografía. Marrón (2011), demuestra la escasa formación geográfica que los alumnos españoles tienen al llegar a la Universidad y la percepción que tienen de la Geografía. De acuerdo a los resultados de una encuesta realizada entre ellos, el 76% de los estudiantes que llegan a la Universidad poseen un grado de conocimiento deficiente de los contenidos geográficos. El 68% considera que la Geografía es una asignatura poco útil y el 77% afirma que el método utilizado en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Geografía, en los niveles de Primaria y Secundaria, es, principalmente, memorístico. Tan sólo un 14% de los alumnos indica que sus profesores han empleado un método explicativo para la enseñanza de esta asignatura. Como así lo reconoce la autora de esta investigación, este hecho es especialmente grave entre los alumnos de Magisterio, por su función de futuros educadores.

En resumen, esta situación debe propiciar el empleo de metodologías activas de enseñanza-aprendizaje y el uso de nuevos recursos didácticos. La guía didáctica que se presenta en este trabajo puede contribuir a conseguir que los alumnos y futuros profesores alcancen los objetivos básicos para el aprendizaje-enseñanza de la Geografía en el siglo XXI (Marrón, 2011); entre otros, las capacidades de percepción, orientación, sistematización y comprensión del espacio, los valores de compromiso ambiental y social y las capacidades de manejo de las TIC.

6. ANÁLISIS CRÍTICO DE LA UTILIDAD DE LA GUÍA

A pesar de que la utilidad potencial de la guía en Bachillerato y último ciclo de Secundaria es amplia y del gran esfuerzo de su difusión entre los CPR, la utilización real que se hace de la misma en las aulas podría ser escasa. Aún no se ha realizado una investigación sistemática, basada en encuestas a profesores y alumnos y en otros métodos estadísticos, para conocer la utilización real de la guía en los distintos niveles educativos. Es una tarea pendiente que podría proporcionar información fiable sobre las causas de esta aparente infrutilización de este recurso. Para compensar esta laguna, se ha realizado una serie de entrevistas personales, provisionales, dirigidas a docentes de centros públicos y privados de Secundaria y Bachillerato de la Comunidad de Madrid que enseñan Geografía, Ciencias Naturales y Ciencias de la Tierra con objeto de conocer, anticipadamente, unas pinceladas de las razones que dificultan el empleo de este tipo de recursos audiovisuales en las aulas. A continuación, se recogen, lo más ordenadamente posible, los comentarios derivados de las tormentas de ideas suscitadas en estos centros educativos.

En primer lugar, entre las causas señaladas, destaca el escaso interés del profesorado por la innovación didáctica, que afecta, de forma general, a la utilización de las Tecnologías de Información y Comunicación y de las Tecnologías de Información Geográfica en el aula. De forma particular, este desinterés afecta, también, al empleo de guías didácticas y videos como los que se comentan en este artículo. En algunos casos, se señala, negativamente, la incompleta formación del profesorado y la falta de información sobre nuevos recursos y posibilidades de formación.

Por otra parte, a pesar del avance en la dotación de aulas TIC y en la adquisición de dispositivos electrónicos, como cañones de video, ordenadores portátiles y pizarras digitales, aún se puede hablar de una incompleta dotación de equipamientos digitales para apoyar la función docente de los profesores y de deficiencias en las conexiones a Internet para utilizar estos recursos *on line*, de una forma ágil.

En el plano de la percepción, algunos profesores aún consideran una pérdida de tiempo o, al menos, una falta de eficiencia el desplazamiento de los alumnos a un lugar distinto de su aula habitual para enseñar la Geografía con métodos y recursos diferentes. El soporte de papel todavía pesa mucho en las aulas. Se sigue usando más

el mapa de papel que los mapas digitales, las ortofotografías aéreas, las imágenes de satélite, las guías didácticas y tutoriales o los videos, obtenidos todos a través de Internet.

Y lo más importante y determinante, sobre todo en Bachillerato, es la presión de los acontecimientos concretos (Prueba de Acceso a la Universidad) y del día a día. Los profesores de Bachillerato están muy mediatizados por la escasez de tiempo que tienen para explicar y trabajar la inmensa cantidad de contenidos de cada curso, sobre todo en 2º de Bachillerato, que además tiene la presión añadida de la Selectividad, por lo que no hay mucho tiempo para “innovaciones didácticas” (audiovisuales, excursiones, laboratorios, etc).

Una última consideración es de tipo legal y/o administrativo. El currículo oficial de Bachillerato (Ministerio de Educación y Comunidad de Madrid) solo hace referencias a la teledetección o a las imágenes de satélite en las asignaturas de Biología y Geología (1º) y Ciencias de la Tierra (2º) y no indica nada en Geografía (2º). Así pues, existe un cierto desequilibrio, a favor de la modalidad de Ciencias y en contra del resto de modalidades (véanse para ESO RD 1631/2006 de 29 de diciembre (Ministerio) y Decreto 23/2007 de 10 de mayo (Comunidad de Madrid) y para Bachillerato RD 1467/2007 de 2 de noviembre y OM 1729/2008 de 11 de junio (Ministerio) y Decreto 67/2008 de 19 de junio (Comunidad de Madrid)). Por otro lado, la legislación insiste en la evaluación de competencias. Dos de las ocho establecidas son el conocimiento e interacción con el mundo físico y el tratamiento de la información y competencia digital.

Finalmente, los profesores participantes en esta iniciativa identifican ciertos problemas, entre los alumnos más jóvenes (1º de ESO), para percibir la tercera dimensión a partir de una imagen plana.

Otras dificultades tienen relación con el soporte de lectura de la guía. A pesar de los avances de la cultura digital, aún hoy existe cierta reticencia a la lectura de documentos largos en formato digital. También en este aspecto, el soporte de papel pesa mucho en la tradición del lector. Algún lingüista sugiere aligerar los contenidos de los pies de imágenes con objeto de facilitar la lectura.

Por el contrario, algunos profesores de Ciencias proponen la profundización de la introducción para explicar, con más detalle, los conceptos básicos y los componentes de cualquier sistema de Teledetección. Esta sugerencia es fácilmente resoluble si se emplea combinadamente, como ya se ha indicado, la guía didáctica con el video introductorio de Chuvieco (2011), disponible gratuitamente en Internet.

7. CONCLUSIÓN

Como se ha comentado, la guía didáctica de Teledetección y Medio Ambiente proporciona abundantes recursos pedagógicos, pudiendo propiciar un proceso activo de enseñanza-aprendizaje de la Geografía, que motive al profesor, al alumno y a cualquier lector. Se espera que se convierta en una herramienta útil para un aprendizaje explicativo y comprensivo de los hechos y procesos geográficos más relevantes y de mayor interés para la sociedad actual.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Arino, O. y Rosaz, J.M. 1999. *1997 and 1998 World ATSR Fire Atlas using ERS-2 ATSR-2 data*. The Joint Fire Science Conference and Workshop. pp.1-6. Disponible en: <http://shark1.esrin.esa.it>
- Boyer, T.P., Antonov, J.I; Baranova, O.K; Garcia, H.E; Johnson, D.R; Locarnini, R.A; Mishonov, A.V; O'Brien, T.D; Seidov, D; Smolyar, I.V. y Zweng, M.M. 2009. *World Ocean Database 2009*. en Levitus, S. (ed)., *NOAA Atlas NESDIS 66*, U.S. Gov. Printing Office, Wash., D.C., 216 pp. DVDs.
- Bullard, R.K. y Dixon-Gough, R.W. 1985. *Britain from space: an atlas of Landsat images*, Londres: Taylor & Francis, 128 pp.
- CCRS, 2009. *Fundamentals of Remote Sensing. A Canada Centre for Remote Sensing. Remote Sensing Tutorial*. [online] Disponible en: http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/pdf/fundamentals_e.pdf [Último acceso 23 de octubre de 2011].
- Chicharro, E. y Martínez -Vega, J. 1992. "El análisis visual de imágenes espaciales en la enseñanza de la Geografía", *Serie Geográfica*, 2, pp. 65-79.
- Chuvieco, E. 1995. *Teledetección y Medio Ambiente*, Madrid: UNED. VHS.
- Chuvieco, E. 2011. *Teledetección: observar la Tierra desde el espacio*, Madrid: UNED. <http://teleuned.uned.es/autorias/Teledetección/index.html>. También disponible en DVD.
- Cinzano, P; Falchi, F. y Elvidge, C.D. 2001. The first World atlas of the artificial night sky brightness, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328, pp. 689-707.
- Communautés européennes- Commission. 1993. *CORINE Land Cover. Guide technique*, Luxembourg: 1993, 144 pp.
- González, A. 2006. *Desarrollo de la Guía de Fotointerpretación del proyecto SIOSE: Sistema de Información sobre la Ocupación del Suelo en España. Algunos ejemplos*. Alcalá: Universidad de Alcalá, 250 pp.

- Gurney, R.J; Foster, J.L. y Parkinson, C.L. (eds.). 1993. *Atlas of satellite observations related to global change*, Londres: Cambridge University Press, 470 pp.
- Holligan, P.M., Aarup, T. y Groom, S.B. 1989. The North Sea: satellite colour atlas, *Continental Shelf Research*, 9 (8) pp. 667-765.
- Ibarra, P. 2011. “La Geografía desde la Enseñanza Secundaria al Espacio Europeo de Educación Superior”, Comunicación oral en Mesa Redonda, *XXII Congreso de Geógrafos Españoles*, Alicante, AGE-Universidad de Alicante.
- IDEAM 2010. *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE-Land Cover adaptada para Colombia. Escala 1:100.000*, Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 72 pp.
- IGN, 1957. *Atlas de stéréogrammes pour l'entraînement à l'identification des détails sur les photographies aériennes à axe vertical*, Paris: IGN, 50 pp.
- Marrón, M.J. 2011. “Educación geográfica y formación del profesorado. Desafíos y perspectivas en el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)”. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 57, pp. 313-341.
- Martínez-Vega, J. 1997. “Una revisión sobre las imágenes espaciales como recursos didácticos”. *Revista de Teledetección*, 8, pp.15-26.
- Martínez-Vega, J. y López Vizoso, J.M. 2010. El empleo de las Tecnologías de Información Geográfica en el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior. La guía didáctica de Teledetección y Medio Ambiente, en: Marrón, M.J. y de Lázaro, M.L., (Eds.), *Geografía, Educación y formación del Profesorado en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior*, Madrid: AGE-Universidad Complutense, vol. 2, pp. 497-509.
- Martínez-Vega, J. y Martín Isabel, M.P (Eds). 2010. *Guía Didáctica de Teledetección y Medio Ambiente*. Madrid: Red Nacional de Teledetección Ambiental, 197 pp. http://www.aet.org.es/files/guia_teledeccion_medio-ambiente_papel.pdf
- Moreira, J.M. y Ojeda, J. 1992. *Andalucía, una visión inédita desde el espacio*, Sevilla: Junta de Andalucía, 213 pp.
- Murcia, U.G. (ed). 2009. *Fichas técnicas de los patrones de las coberturas de la tierra de la Amazonia colombiana*, Bogotá: Instituto Sinchi, 172 pp. [online] Disponible en: www.sinchi.org.co [Último acceso 23 de diciembre de 2011].
- National Geographic, 1998. *Satellite Atlas of the World*, Washington, DC: National Geographic, 222 pp.
- Sancho, J. y Chuvieco, E. 1986. *Castellón desde el espacio. Imágenes y paisajes de una tierra mediterránea*, Castellón: Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Castellón, 93 pp.

- Sancho, J. y Chuvieco, E. 1992. *Iberoamérica desde el espacio. Un solo mundo*. Madrid: Quinto Centenario-Universidad de Alcalá-IGN-Lunweg, 303 pp.
- Sancho, J y Martín Lou, M.A. (coord.) 1992. Imagen y Paisaje, en *Atlas Nacional de España*, sección I, Grupo 3c, Madrid: IGN, 36pp. Disponible, también, en versión digital en: <http://www2.ign.es/ane/ane1986-2008/>
- Sevilla, B.S. 2004. Proyecto Videoteca Virtual ATEI, *Cuadernos de Documentación Multimedia*, 15.
- Short, N.M. 1982. *The Landsat Tutorial WorkBook. Basics of satellite Remote Sensing*, Washington, DC: NASA, 553 pp.
- Short, N.M., 2010. *Remote Sensing Tutorial*. NASA. Disponible en: <http://rst.gsfc.nasa.gov/> (última actualización 28.04.10, visto 16.12.11).
- Williams, R.S. y Ferrigno, J.G. 1988. *Landsat Images of Antarctica*, US Geological Survey, Professional Paper 1386-B.