

Mirar desde el espacio o mirar hacia otro lado: tendencias en teledetección y su situación en la geografía española

Emilio Chuvieco

Universidad de Alcalá de Henares. Departamento de Geografía
Colegios, 2. 28801 Alcalá de Henares (Spain)
emilio.chuvieco@uah.es

Data de recepció: maig del 2007

Data d'acceptació definitiva: juny del 2007

Resumen

Realizamos una revisión general sobre el estado de desarrollo de la teledetección, destacando algunas líneas de avance tecnológico reciente que abren nuevas vías de aplicación e investigación. Mención especial en estos avances merece la puesta en órbita de nuevos sensores (lidar, hiperspectral, radar interferométrico), el creciente acceso a la información y el desarrollo de servicios de información basados en las imágenes.

Los geógrafos podemos impulsar más este desarrollo en nuestro país, enriqueciendo la formación en esta línea y los proyectos de investigación aplicada, de tal manera que esta técnica forme parte del núcleo temático de la geografía.

Palabras clave: teledetección, geografía.

Resum. *Mirar des de l'espai o mirar cap a un altre cantó: tendències en teledetecció i la seva situació dins la geografia espanyola*

En aquest article, fem una revisió general sobre el desenvolupament de la teledetecció, destacant algunes línies de avenç tecnològic recent que obren noves vies d'aplicació i investigació. Una menció especial mereix la posada en òrbita de nous sensors (lidar, hiperspectral, radar interferomètric), el creixent accés a la informació i el desenvolupament de serveis d'informació basats en les imatges.

Els geògrafs podem contribuir a impulsar més aquest desenvolupament en el nostre país, enriquint la formació en aquesta línia i els projectes d'investigació aplicada, de tal manera que aquesta tècnica entri a formar part del nucli temàtic de la geografia.

Paraules clau: teledetecció, geografia.

Résumé. *Regarder depuis l'espace ou regarder vers un autre côté: tendances en télédétection et leur situation dans la géographie espagnole*

Dans cet article nous faisons une révision générale sur le développement de la télédétection, mettant en évidence quelques lignes de progrès technologique récent que ouvrent de nouvelles voies d'application et recherche. Une mention spéciale mérite l'auberge en orbite de nouveaux capteurs (lidar, hyperspectral, radar interférométrique), le croissant accès à l'information et le développement de services d'information basés sur les images.

Nous les géographes pouvons contribuer à pousser plus ce développement dans notre pays, en enrichissant la formation dans cette ligne et les projets de recherche appliquée, de telle manière que cette technique fait partie du noyau thématique de la géographie.

Mots clé: télédétection, géographie.

Abstract. *Looking from space or looking to the other side: Remote sensing trends in Spanish geography*

In this paper, we present a review on the current developments in satellite remote sensing, emphasizing some of the new technological advances. The main ones are related to the launched of satellites with new sensor technologies (lidar, hiperespectral, interferometric radar), the improving in accessibility to data and information derived from satellite images, and the development of value-added services based on satellite images.

Geographers should make a further effort to use these technologies, improving the university education and the applied research in this field. Therefore, satellite remote sensing can be part of the «core» of geographical teaching and research, since it is essentially a spatial technique.

Key words: satellite remote sensing, geography.

Sumario

Teledetección e información ambiental	Teledetección y geografía
Evolución de la observación terrestre	Referencias bibliográficas
Nuevos enfoques en la interpretación de los datos	

Teledetección e información ambiental¹

Resulta casi obvio subrayar la importancia de contar con información ambiental suficientemente precisa y actualizada, de cara a mejorar nuestro conocimiento y la gestión del territorio. El avance tecnológico de las últimas décadas nos brinda una gama cada vez más diversificada de datos sobre distintas variables de interés ambiental, que es preciso procesar, en primer lugar mentalmente, para convertirlos en información relevante. Desde los microsensores meteorológicos y los sistemas de posicionamiento por satélite, hasta los equipos de medición terrestre (sensores de clorofila, área foliar, humedad del

1. Para evitar extender excesivamente el texto, hemos obviado la descripción de los sistemas de teledetección más comunes. El lector interesado en ampliar la información aquí reseñada, puede consultar KRAMER, H. J. (2002), *Observation of the Earth and its Environment. Survey and Missions and Sensors*, Berlín, Springer-Verlag, o cualquier manual sobre esta temática: CHUVIECO, E. (2002), *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio*, Barcelona, Ariel Ciencia; JENSEN, J. R. (2000), *Remote Sensing of the Environment. An Earth Resource Perspective*, Upper Saddle River N.J., Prentice-Hall, o SOBRINO, J. A. (ed.) (2000), *Teledetección*, Valencia, Servicio de Publicaciones, Universidad de Valencia.

suelo...), y los instalados a bordo de plataformas aéreas o espaciales, la cantidad de datos sobre el territorio a que tenemos acceso realza también la importancia de contar con las herramientas necesarias para aprovecharlos de manera más sistemática y comprehensiva. Nuestra ciencia debería estar, sin duda, en la primera línea de esta actitud (Sui, 2004).

En el ámbito específico de la teledetección, los equipos de observación disponible han crecido significativamente en la última década. Junto a los satélites de mayor tradición como Landsat, SPOT, Meteosat o NOAA, se han lanzado otras misiones con un renovado enfoque de orientación ambiental. El programa Earth Observing System (EOS), de la NASA, por ejemplo, ha puesto en órbita dos satélites (Terra y Aqua), que cuentan con numerosos sensores para la observación de procesos globales, todos ellos libremente accesibles a través de Internet. Otros países se han incorporado al grupo de los que cuentan con sistemas de observación terrestre, así como consorcios privados que ven en la teledetección un ámbito de gran interés comercial. Si bien es difícil dar cifras precisas, se estima actualmente que hay más de ochocientos satélites en órbita, de los cuales unos setenta están orientados a la observación de la Tierra, a los que habría que añadir unos sesenta de observación militar (Kramer, 2002). Entre los países que gestionan estos satélites, además de EEUU y la Agencia Espacial Europea (ESA), están Francia, Alemania, Reino Unido, Rusia, India, Japón, Canadá, Brasil, China, Argentina, Corea, Taiwán, Israel, Turquía, Nigeria, Argelia, Indonesia (estos cuatro últimos a partir de desarrollos de la empresa británica Surrey Tech). Pronto se unirán a esta lista otros países, entre los cuales se cuenta España, que está en fase de desarrollo de un satélite propio con apoyo de la ESA.

El gran interés que actualmente se evidencia hacia la investigación en temas de cambio global está poniendo a la teledetección en un papel protagonista como fuente imprescindible de datos. La cobertura espacialmente exhaustiva, sistemática y global que realizan los satélites de teledetección resulta especialmente idónea para el análisis de muchos procesos globales (Chuvienco, 2007). Ahora bien, esa información requiere que sea consistente en el espacio y en el tiempo, que esté bien calibrada y que se refiera a series suficientemente largas, de cara a identificar cambios persistentes de otros efímeros (Goetz y otros, 2006). En este sentido, uno de los retos que se plantea actualmente en teledetección es construir series de datos consistentes, especialmente a partir de imágenes Landsat y NOAA, dos de los satélites que más tiempo llevan funcionando. Por ejemplo, con datos NOAA-AVHRR, se han generado dos series temporales que cubren todo el planeta, a resolución espacial reducida y asegurando un procesamiento consistente. Se trata de las series PAL (Pathfinder AVHRR Land Data Sets: (http://daac.gsfc.nasa.gov/guides/GSFC/guide/avhrr_data_et.gd.shtml), con 8 km de resolución, que se extiende de 1981 a 1996, y la GIMMS (Global Inventory Modeling and Mapping Studies), también a 8 km, aunque sólo referida al índice de vegetación NDVI y que cuenta con datos de 1981 a 2003. Está en marcha una iniciativa para intentar construir una serie de datos AVHRR con una resolución de 0,05 grados. Se generarán variables cali-

bradas de reflectividad, temperatura de superficie e índices de vegetación desde 1981 hasta la actualidad (<http://ltdr.nascom.nasa.gov/ltdr/ltdr.html>).

Evolución de la observación terrestre

A mi modo de ver, el gran desarrollo de las técnicas de observación de la Tierra puede agruparse en una serie de tendencias dominantes: integración entre sensores, introducción de nuevas técnicas de observación, y mayor apertura del mercado a terceros países.

En cuanto a la integración entre sensores, las primeras misiones de teledetección en los años setenta se concentraban en uno o dos sensores (Landsat, SPOT, MOS, Meteosat), y las misiones se orientaban a un fin específico: meteorología, recursos naturales, observación marina, etc. Esta tendencia cambió durante los años ochenta y sobre todo noventa hacia misiones más generales, con una amplia cantidad de sensores, y se introdujo el concepto de constelación, lo que indica la reunión de varios satélites con órbitas similares que les permiten adquirir datos prácticamente a la misma hora de distintas zonas del planeta, lo cual facilita la interpretación múltiple de los datos observados. En este momento, existen dos constelaciones de satélites de teledetección gestionados por la NASA (Parkinson y otros, 2006). Se denominan Constelación Matutina (formada por el Landsat-7, el EO-1, el Terra y el SAC-C, que pasan por el Ecuador, con muy pocos minutos de diferencia entre ellos, en torno a las 10,30 am y pm), y la Vespertina (formada por los satélites Aura, Parosol, Calipso, CloudSat, Aqua y Oco, que pasan por el Ecuador en torno a la 1,30 am y pm). Ambas forman parte del programa EOS, en donde participan también otras agencias internacionales.

Una segunda tendencia que viene observándose en los últimos años en teledetección es la incorporación de sensores más avanzados, que permiten enriquecer notablemente la información previamente disponible sobre determinados procesos ambientales. Por ejemplo, en el año 1999 se lanzó con éxito el primer satélite con alta resolución espacial (denominado Ikonos, con un píxel entre 1 y 4 m), que ha abierto aplicaciones antes reservadas a la observación aérea (catastro, crecimiento urbano, inventarios forestales, etc.) (Baker y otros, 2001). El interés de llegar a resoluciones tan considerables ha estimulado la puesta en órbita de otros satélites de alta resolución espacial, como el Quickbird, el Orbview-3, el Eros-A, el IRS-P6 o el SPOT-5, con tamaños de píxel por debajo de los 2,5 m. Junto a la alta resolución espacial, también hay que valorar el aumento de la resolución espectral, que permite mejorar la estimación de variables biofísicas, como la clorofila y lignina en la vegetación, o la humedad y la presencia de ciertos minerales en el suelo. El sensor más destacado en este sentido es el Hyperion, lanzado a bordo del EO-1 en el año 2000, que permite registrar 220 bandas espectrales de la misma zona con una resolución equivalente a la del Landsat-TM (30x30m). Este sensor continúa la labor que se venía desarrollando con sensores hiperespectrales aeroportados (Kumar y otros, 2001). Un tercer ámbito de avance tecnológico es la mejora en

los equipos radar, que permiten observar cualquier zona del planeta, independientemente de sus condiciones atmosféricas. La obtención de dos señales radar en tiempo muy cercano entre sí permite reconstruir variaciones de altura o movimientos terrestres con mucho detalle mediante diferencias de fase (Madsen y Zebker, 1998). En el año 2000, se embarcó en el *Space Shuttle* el primer experimento operativo de radar interferométrico, en este caso para generar modelos digitales de elevación con una resolución espacial de 30 m (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>). Finalmente, no conviene olvidar otra tecnología que está teniendo un avance notable en los últimos años, el lidar, sensor activo como el radar, pero que trabaja con luz polarizada. Los niveles de detalle obtenidos con sensores lidar aeroportados son realmente espectaculares, puesto que se logra una descripción muy detallada de la estratificación vertical de la vegetación (Riaño y otros, 2004). Su principal problema es el alto coste y la cobertura local. En 2003 se puso en órbita el primer satélite equipado con un sensor de estas características, pero orientado a medir acumulaciones de hielo y de nieve, gracias a un sofisticado sistema de posicionamiento y medición de distancias (<http://icesat.gsfc.nasa.gov/index.php>). Su empleo para cartografía de la vegetación presenta notables complicaciones (Lefsky y otros, 2005).

La tercera tendencia que quería destacar en el desarrollo de la teledetección en los últimos años, en cierta medida asociada a las anteriores, es la mayor accesibilidad de la tecnología a economías más modestas. La creciente miniaturización de los componentes facilita una reducción del peso de estos sensores y, en consecuencia, la posibilidad de embarcarlos en satélites más pequeños. Puesto que buena parte del coste de un satélite es su lanzamiento, estos microsátélites reducen notablemente los gastos de los convencionales, por lo que los países de recursos limitados pueden disponer de un satélite propio. Éste sería el caso de Corea, Brasil, España o Chile. Hasta el punto que se abre un mercado de diseño a la medida a terceros países. Éste es el caso de la empresa inglesa Surrey Technologies (<http://www.sstl.co.uk/>), que fabrica satélites de teledetección con una configuración estándar, con un coste inferior a los 30 millones de euros, lo cual garantiza un acceso más diversificado a la información territorial.

Nuevos enfoques en la interpretación de los datos

Tradicionalmente, las aplicaciones de la teledetección se abordaban por profesionales con un nivel de especialización considerable. El objetivo ahí era extraer información relevante de los datos brutos, lo que requería conocer un abanico de técnicas de interpretación digital relativamente amplias: correcciones radiométricas y geométricas, transformaciones de imágenes, clasificación, validación de resultados, etc.

En este marco, los usuarios de teledetección eran principalmente científicos cercanos a la generación de las imágenes: físicos, ingenieros eléctricos, o aquellos de otras disciplinas (geógrafos, geólogos, ecólogos, agrónomos, oceanógrafos, etc.) que conseguían incorporar a su formación previa los concep-

tos básicos de ese procesamiento. A mi modo de ver, no cabe duda que este segundo grupo es que el más fructíferamente puede aprovechar la teledetección, ya que son muchas más las aplicaciones temáticas que las básicas de esta disciplina.

La creciente disponibilidad de nuevos sensores ha enriquecido notablemente el rango de aplicaciones y la escala de trabajo. Por ejemplo, el acceso a imágenes de alta resolución espacial permite emplear la teledetección por usuarios completamente novedosos, como los medios de comunicación, las ONG orientadas a gestión de catástrofes o las empresas de diseño gráfico (O'Connell y Lachman, 2001). Los datos lidar permiten emplear la teledetección para el inventario forestal o la cartografía de combustibles (Nelson y otros, 2003; Riaño y otros, 2004), y la teledetección hiperespectral enriquece notablemente las posibilidades de detectar parámetros críticos de la vegetación o el cultivo (Driss y otros, 2004; Zarco-Tejada y otros, 2004).

Otro elemento a destacar en los últimos años es la creciente facilidad de acceder a la información. El empleo de Internet como red de intercambio de datos permite contar con las imágenes requeridas en un tiempo mucho más corto que el tradicional, a veces casi real, si se dispone de un ancho de banda adecuado. Más aún, Internet no sólo permite distribuir más eficientemente las imágenes que uno adquiere, sino de hecho compartirlas, lo que reduce enormemente los costes o prácticamente los elimina. La red permite compartir, pero la red solo será efectiva si hay un cambio de mentalidad en los que gestionan los datos brutos, poniéndose más el énfasis en el valor añadido de información que puede generarse con esos datos, ya que será más probable que los datos se conviertan en información cuando más accesibles sean. Aunque hemos avanzado mucho en este sentido, todavía en nuestro país, y en buena parte en Europa, la mentalidad sigue siendo muy restrictiva. Sin duda, EEUU tiene un concepto de acceso público a los datos mucho más avanzado que el nuestro. Por ejemplo, resulta paradójico que sea mucho más complejo disponer de imágenes adquiridas por satélites de la ESA (que todos pagamos en Europa con nuestros impuestos) que a las obtenidas por satélites de la NASA. Por ejemplo, todas las imágenes de los sensores incluidos en el programa EOS están disponibles en Internet, a través de los centros de distribución de datos (Distributed Active Archive Centers, DAACs: <http://nasadaacs.eos.nasa.gov/about.html>). Todavía es más llamativo que las imágenes Landsat-TM/ETM+ sean accesibles gratuitamente en servidores de EEUU (por ejemplo, el Global Land Cover Facility (GLCF: <http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>), mientras en Europa la empresa que distribuye los datos (Eurimage) sigue manteniendo el *copyright* (pese a que el satélite no sea europeo, sino de la NASA). A mi modo de ver, el acceso a la información permitirá enriquecer las aplicaciones que actualmente tenemos disponibles.

Un paso más en el uso de los datos de satélite implica que se disponga de los productos ya procesados. Para muchos profesionales, el mayor interés reside en los datos detectados, a partir de los que extraen información relevante mediante distintas metodologías de interpretación. Para otros, la teledetección

no interesa en sí misma, sino sólo como entrada de datos para otro tipo de estudios. Facilitar los datos procesados en forma de variables finales (cobertura del suelo, clorofila, albedo, área foliar, temperatura, etc.), permite utilizar esos datos por una comunidad mucho más amplia que la de los profesionales que trabajan en teledetección. Esto es especialmente evidente en el caso de la investigación de ámbito global, en donde la teledetección supone una fuente de datos crítica. Por ejemplo, los modelos de emisión de gases de efecto invernadero utilizan operativamente los mapas de incendios activos o de un área quemada generados a partir de teledetección (Van der Werf y otros, 2004).

Un paso más sería generar sistemas de información que distribuyan los datos ya procesados, en forma de productos finales para una comunidad de usuarios determinada, de tal forma que la prioridad es el valor añadido más que la fuente de datos en sí. Un buen ejemplo de este enfoque es el sistema FIRMS (Fire Information for Resource Management System: <http://maps.geog.umd.edu/firms/>) que facilita información actualizada sobre incendios activos a la comunidad internacional de usuarios, a través de alertas por correo electrónico, mensajes de texto (SMS) o un servidor cartográfico especializado. La localización de los incendios se obtiene del sensor MODIS, a bordo de los satélites Terra y Aqua de la NASA, pero al usuario no se le pide ningún conocimiento técnico sobre el sensor, ya que la información que se facilita ya está procesada.

Un ejemplo más genérico de esta perspectiva de la teledetección a los servicios de información la brinda el programa Google Earth, el más popular servidor de imágenes construido hasta la fecha (Butler, 2006). Se trata, en realidad, de un servicio operativo para posicionarse sobre el terreno, mejorando la visualización que facilitan los mapas electrónicos convencionales. Lógicamente, ese servicio tiene un valor añadido, la posición de los negocios vecinos, sirviendo como un catálogo espacial de actividades económicas. Además, permite incluir información a los usuarios, enriqueciendo así las capas de información disponibles. La base de las imágenes incluidas en este servidor corresponden a los satélites Landsat (para cobertura global) y Quickbird (para coberturas locales, restringido principalmente a ámbitos urbanos).

Teledetección y geografía

Como es lógico, esos usuarios de los datos finales requieren que, previamente, otros profesionales hayan procesado los datos brutos para convertirlos en información relevante. Ésa es la principal actividad de quienes hemos hecho de la teledetección nuestro principal campo de investigación. En mi opinión, eso no significa que hayamos abandonado nuestra disciplina original, puesto que la teledetección se enmarca en un contexto científico determinado: por muy experto que uno sea en teledetección, difícilmente se obtendrá, por ejemplo, una buena cartografía de la vegetación si no se cuenta con un adecuado conocimiento biogeográfico. Lo mismo podemos decir de los meteorólogos o de los edafólogos que utilizan esta técnica.

Dicho esto, también conviene subrayar que, para extraer información relevante de las imágenes, hay que conocerlas en profundidad y dominar las metodologías de interpretación, tanto visuales como digitales. Eso requiere una buena formación en principios físicos, sistemas de adquisición de datos, y métodos de tratamiento digital de imágenes. Como en cualquier otro campo, sin una buena especialización, difícil será ser relevante en esta disciplina.

Numerosos autores han destacado la idoneidad del enfoque geográfico para extraer información temática de la teledetección (Estes y otros, 1980; Harris, 1981; Lancaster, 1968; Lulla, 1983; Verger, 1984). Esa apertura inicial explica la gran atención que los geógrafos han brindado a esta técnica, convirtiéndose en cierta medida en líderes en su aplicación ambiental. Como tuvimos ocasión de indicar en otro lugar (Bosque y Chuvieco, 2004), la proporción de geógrafos en las revistas de mayor prestigio en teledetección es muy superior a la de otras disciplinas (en torno al 30% en los últimos años, tomando como caso la que cuenta con mayor índice de impacto, *Remote Sensing of Environment*), así como su participación en la preparación de manuales sobre la materia (Danson y Plummer, 1995; Jensen, 1996, 2000; Lo, 1986; Mather, 1998), que de alguna manera consolidan el enfoque dominante en la formación superior.

La actividad de los geógrafos españoles en teledetección todavía es comparativamente muy inferior a la de otros países. Si bien se acepta, en general, el interés de trabajar con esta tecnología, aún hay algunos factores que dificultan su mayor consolidación. A mi modo de ver, los principales están relacionados, por un lado, con la formación que impartimos a los alumnos de geografía y, por otro, a las rémoras institucionales para considerar ésta, junto a otras tecnologías de la información espacial, como parte intrínseca del quehacer geográfico.

En mi opinión, la herencia de una tradición francesa volcada hacia la formación humanista pesa todavía excesivamente sobre nuestros alumnos y planes de estudio, lo que dificulta notablemente que tengamos un papel protagonista en el desarrollo de la teledetección en nuestro país. En muchos departamentos, sigue pesando excesivamente la ubicación en facultades de humanidades, donde la formación del geógrafo se apoya en disciplinas y enfoques que, en la práctica, tienen escasa conexión con nuestra actividad profesional e investigadora, con el tipo de servicios que prestamos a la sociedad. No estoy despreciando, en modo alguno, el enfoque humano-social, si puede llamarse así, de nuestra disciplina, ni estoy sugiriendo que todo se convierta en tecnología, sino simplemente que hagamos un esfuerzo por mover la formación que damos a nuestros alumnos hacia lo que ellos necesitan, y no tanto hacia lo que nosotros aprendimos. En este sentido, tal vez sea ya momento de reivindicar una clasificación más integrada de la geografía en facultades de ciencias ambientales, escuelas de cartografía o planificación territorial. Subrayar el enfoque medioambiental de la geografía no haría sino beneficiar esa proyección científica y profesional tan interesante para nuestro futuro, y reforzaría el protagonismo de los geógrafos en el desarrollo de unas tecnologías que son

netamente espaciales. Es interesante anotar, en esta línea, el papel que están desempeñando los alumnos de ciencias ambientales en la investigación que se realiza en varios departamentos de geografía. Si bien los perfiles de estos estudiantes pueden ser muy variados, a mi modo de ver, su formación físico-matemática, unida a una orientación territorial y ecológica, les facilita entroncar más fácilmente con las aplicaciones más destacadas de la teledetección y otras tecnologías afines.

Junto a estas carencias formativas, o tal vez fruto de ello, sigue pesando en cierta parte del *stablishment* geográfico de nuestro país un cierto menosprecio hacia el papel que las tecnologías desempeñan en el quehacer geográfico, lo cual resta potencial a jóvenes investigadores en este campo. Lamentablemente, ha habido algunas manifestaciones de esta actitud en tribunales de habilitación que han afectado muy negativamente a jóvenes geógrafos. Me parece que no tiene sentido seguir negando a estas alturas el carácter geográfico de una disciplina de clara vinculación territorial (Chuvieco y otros, 2005), como no lo hacemos para la cartografía u otras técnicas afines. Esto no implica, cómo es lógico, que todos los geógrafos hayan de especializarse en teledetección o en otras tecnologías de la información geográfica, pero sí que todos los departamentos deberían tener especialistas en estas materias, si quieren impartirlas con rigor y formar parte de una investigación relevante. Creo que deberíamos ya superar el debate sobre qué planteamiento ideológico está detrás de la aplicación de las tecnologías, ya que cada vez es más obvio que fortalecen cualquier enfoque que quiera adoptarse para estudiar la realidad (Sheppard, 2001).

En mi opinión, no sólo está en juego la proyección profesional de quienes han optado por especializarse en este campo, sino también la propia imagen que como ciencia ofrecemos. Creo que ninguna disciplina rechaza de partida lo que interesa a la sociedad y no tiene sentido hacerlo con una tecnología que, de modo natural, nos resulta muy cercana, ya que la teledetección es tan territorial como la demografía o la climatología, por citar sólo dos disciplinas ampliamente aceptadas como geográficas. Esto tampoco implica que seamos los únicos que podemos trabajar en estos temas, igual que en demografía también hay economistas o sociólogos, o en climatología, físicos y ecólogos. En cualquier caso, seguir diseccionando con un bisturí imaginario qué es geográfico y qué no lo es, además de fruto de un cierto narcisismo académico, me parece que puede suponer una notable injusticia para quienes se afanan en ámbitos menos tradicionales. La calidad de la investigación de un geógrafo debería ser valorada por su impacto, y no tanto por que se concentre en una u otra rama de especialización. Para todos los geógrafos debería ser alentador lo que otros colegas hacen en esta temática, ya que están proyectando una imagen muy positiva de nuestra ciencia hacia la sociedad, siempre lógicamente que sea una investigación bien construida y relevante.

En definitiva, me parece que la teledetección es una técnica de gran potencial geográfico, más aún diría que es una técnica esencialmente geográfica, ya que su objetivo principal es la observación del territorio, pero todavía nos toca ganarnos la reputación que geógrafos de otros países tienen ya en este campo,

profundizando en la formación e investigación especializada en esta línea, como una más entre las posibles áreas de trabajo de un geógrafo moderno. Aún resta mucho por hacer en este ámbito, y todavía pueden ser muchos más los geógrafos en nuestro país que tengan una aportación destacada en el desarrollo y la aplicación de esta extraordinaria fuente de información espacial.

Referencias bibliográficas

- BAKER, J. C.; O'CONNELL, K. M.; WILLIAMSON, R. A. (eds.) (2001). *Commercial Observation Satellites. At the leading edge of Global transparency*. Santa Monica: RAND - ASPRS.
- BOSQUE, J.; CHUVIECO, E. (2004). «La incorporación de las nuevas tecnologías en la investigación geográfica española». *La geografía española ante los retos de la sociedad actual*. Madrid: Comité Español de la Unión Geográfica Internacional, p. 107-120.
- BUTLER, D. (2006). «The web-wide world». *Nature*, 439 (7078), p. 776-778.
- CHUVIECO, E. (ed.) (2007). *Earth Observation and Global Change*. Nueva York: Springer. Geosciences.
- CHUVIECO, E.; BOSQUE, J.; PONS, X.; CONESA, C.; SANTOS, J. M.; PUEBLA, J. G.; SALADO, M. J.; MARTÍN, M. P.; RIVA, J. D. L.; OJEDA, J.; PRADOS, M. J. (2005). «¿Son las tecnologías de la información geográfica (TIG) parte del núcleo de la geografía?». *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 40, p. 35-55.
- DANSON, F. M.; PLUMMER, S. E. (eds.) (1995). *Advances in Environmental Remote Sensing*. Chichester: John Wiley & Sons.
- DRISS, H.; MILLER, J. R.; PATTEY, E.; ZARCO-TEJADA, P. J.; STRACHAN, I. B. (2004). «Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture». *Remote Sensing of Environment*, 90, p. 337-352.
- ESTES, J. E.; JENSEN, J. R.; SIMONETT, D. S. (1980). «Impacts of remote sensing in U.S. Geography». *Remote Sensing of Environment*, 10, p. 43-80.
- GOETZ, S.; FISKE, G.; BUNN, A. (2006). «Using satellite time - series data sets to analyze fire disturbance and forest recovery across Canada». *Remote Sensing of Environment*, 92, p. 411-423.
- HARRIS, R. (1981). «Remote sensing». En: WRIGLEY y BENNET (eds.). *Quantitative Geography: a British View*. Londres: Routledge & Kegan Paul Ltd., p. 36-45.
- JENSEN, J. R. (1996). *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*. Upper Saddle River N.J.: Prentice-Hall.
- JENSEN, J. R. (2000). *Remote Sensing of the Environment. An Earth Resource Perspective*. Upper Saddle River N.J.: Prentice-Hall.
- KRAMER, H. J. (2002). *Observation of the Earth and its Environment. Survey and Missions and Sensors*. Berlín: Springer-Verlag.
- KUMAR, L.; SCHMIDT, K.; DURY, S.; SKIDMORE, A. (2001). «Review of Hyperspectral Remote Sensing and Vegetation Science». En: VAN DER MEER, F. (ed.). *Hyperspectral Remote Sensing*. Dordrecht: Kluwer Academic Press, p. 1-52.
- LANCASTER, J. (1968). «Geographers and remote sensing». *The Journal of Geography*, 67, p. 301-310.
- LEFSKY, M. A.; HARDING, D. J.; KELLER, M.; COHEN, W. B.; CARABAJAL, C. C.; ESPIRITO-SANTO, F. D.; HUNTER, M. O.; DE OLIVEIRA, R.; DE CAMARGO, P. B. (2005).

- «Estimates of forest canopy height and aboveground biomass using ICESat». *Geophysical Research Letters*, 32 (5): doi:10.1029/2005GL023971.
- LO, C. P. (1986). *Applied Remote Sensing*. Nueva York: Logman Scientific and Technical.
- LULLA, K. (1983). «The Landsat satellites and selected aspects of physical geography». *Progress in Physical Geography*, 7, p. 1-45.
- MADSEN, S. N.; ZEBKER, H. A. (1998). «Imaging Radar Interferometry». En: HENDERSON, F. M.; LEWIS, A. J. (eds.). *Principals and Applications of Imaging Radar*. Nova York: John Wiley & Sons, Inc., p. 359-380.
- MATHER, P. M. (1998). *Computer Processing of Remotely Sensed Images*. Chichester: John Wiley & Sons.
- NELSON, R.; PARKER, G.; HOM, M. (2003). «A portable airborne laser system for forest inventory». *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69 (3), p. 267-273.
- O'CONNELL, K. M.; LACHMAN, B. E. (2001). «From space imagery to information: commercial remote sensing market factors and trends». En: BAKER, J. C.; O'CONNELL, K. M.; WILLIAMSON, R. A. (eds.). *Commercial Observation Satellites. At the leading edge of Global transparency*. Santa Monica: RAND - ASPRS: 53-78.
- PARKINSON, C. L.; WARD, A.; KING, M. D. (Eds.) (2006). *Earth Science Reference Handbook. A Guide to NASA's Earth Science Program and Earth Observing Satellite Missions*. Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration.
- RIAÑO, D.; CHUVIECO, E.; CONDÉS, S.; GONZÁLEZ-MATESANZ, J.; USTIN, S. L. (2004). «Generation of crown bulk density for *Pinus sylvestris* L. from lidar». *Remote Sensing of Environment*, 92, p. 345-352.
- SHEPPARD, E. (2001). «Quantitative geography: representations, practices, and possibilities». *Environment and Planning D: Society and Space*, 19, p. 535-554.
- SUI, D. Z. (2004). «GIS, Cartography, and the "Third Culture": Geographic Imaginations in the Computer Age». *The Professional Geographer*, 56 (1), p. 62-72.
- VAN DER WERE, G. R.; RANDERSON, J., T.; COLLATZ, G. J.; GIGLIO, L.; KASIBHATLA, P. S.; ARELLANO, A. F.; OLSEN, S. C.; KASISCHKE, E. S. (2004). «Continental Scale-partitioning of fire emissions during the 1997 to 2001 El Niño/La Niña period». *Science*, 303, p. 73-76.
- VERGER, F. (1984). «La teledetection spatiale, outil géographique». *L'Espace Géographique*, 3, p. 169-172.
- ZARCO-TEJADA, P.; MILLER, J. R.; MORALES, A.; BERJÓN, A.; AGÜERA, J. (2004). «Hyperspectral indices and model simulation for chlorophyll estimation in open-canopy tree crops». *Remote Sensing of Environment*, 90, p. 463-476.