Dimensiones éticas de la Observación de la Tierra: ¿Qué sabemos sobre nuestro Planeta y qué hacemos al respecto?

**Fernando Caravantes**

 Departamento de Diseño, Universidad de Alcalá,

C/ Colegios 2, Alcalá de Henares (Madrid), fernando.caravantes@uah.es

**Resumen:** La teledetección facilita una enorme cantidad de datos sobre el sistema terrestre, complementando la información que nos proporciona la observación de campo y los modelos biofísicos. La información que proporcionan las imágenes de satélite permite alimentar esos modelos y validar las estimaciones que realizan, a distintos niveles de detalle, tanto espacial como temporal. Pero también las imágenes que proporcionan los sensores de observación de la Tierra tienen un gran impacto visual sobre la percepción que las personas tienen de los problemas ambientales. Con mucha frecuencia las imágenes son empleadas por los medios de comunicación masiva para ilustrar desastres naturales, guerras o transformaciones producidas por los cambios climáticos o las actividades humanas. Como generadores de esa información, los especialistas en teledetección tenemos un interesante papel que jugar en cómo se comunican esas cuestiones ambientales y en qué medida influyen en las actitudes y decisiones que el común de la población toma ante tales cuestiones. En esta ponencia pretendo reflexionar sobre algunas dimensiones éticas que conlleva nuestra actuación como especialistas en observar fenómenos ambientales, tanto en lo que afecta al impacto en la sociedad de la información que manejamos, como a nuestra propia actitud ante esos problemas. Plantearé algunos campos en donde esas dimensiones éticas son especialmente nítidas, como es el caso de la percepción popular sobre el cambio climático o la dinámica de la cobertura del suelo.

**Palabras clave:** ética y teledetección, percepción de problemas ambientales, cambio climático, cobertura del suelo

***Ethical dimensions of Earth Observation: ¿What we know and what we do about our Planet?***

***Abstract:*** *Satellite Earth Observation provides an enormous flow of data on many natural and social processes. This source of information complements our understanding of many Earth systems generated by other sources, such as field work or physical models. Satellite derived information is very useful to parameterize and validate climate or vegetation models, both considering a wide range of spatial and temporal detail. In addition, we should consider the great impact of satellite images on public perception of environmental problems. Very often, media uses satellite images to illustrate natural disasters, wars or land use transformations caused by climatic changes or human activities. As specialists in generating such Earth observation data we have a relevant role in communicating environmental issues to ordinary people, and to what extent this communication affects their attitudes and values towards those issues. This paper reflects on some ethical dimensions of Earth observation. Both aspects will be considered. First how our processing of environmental data affects public attitudes, and secondly how it affects our own perception and commitment about environmental problems. I will illustrate this reflection with some controversial environmental issues, such as climate change and land cover dynamics.*

***Keywords:*** *Ethics and Earth Observation, Environmental Problems, climate change, land cover*

1. INTRODUCCIÓN

La observación de la Tierra que realizan los satélites de recursos naturales ha pasado de ser una disciplina especializada, restringida al ámbito de quienes la cultivaban profesionalmente, a tratarse de una fuente de información utilizada generalizadamente, tanto por especialistas de otras ciencias como por una gran cantidad de personas que curiosos observan paisajes que conocen o que pretenden visitar. Las imágenes de satélite se emplean rutinariamente para ilustrar noticias que interesan a las personas de la calle, desde el impacto de catástrofes naturales, hasta conflictos bélicos o atentados terroristas (([Chuvieco, 2016](#_ENREF_4))). Asimismo, múltiples expertos reconocen el papel del creciente acceso a los datos de satélite para mejorar la formación espacial de los alumnos de distintos niveles de enseñanza (([Blank *et al.*, 2016](#_ENREF_1); [Xiang & Liu, 2017](#_ENREF_15))).

Si esto es así en la percepción pública del territorio, el papel de la teledetección como fuente de información básica para otras ciencias es cada vez más determinante, al ofrecer datos globales, actualizados, de áreas de difícil acceso y con una resolución espacial y temporal muy variada, que permite completar estudios a escalas locales, regionales y globales.

Esta visión más precisa de la evolución de muchos procesos que afectan al ambiente de nuestro planeta permite entenderlos mejor, gestionarlos mejor y prever mejor los posibles impactos de los distintos factores naturales o humanos. En esa medida, la información que proporciona la teledetección también lleva consigo unas consecuencias sobre nuestro compromiso ético, puesto que un mayor conocimiento también lleva consigo una mayor responsabilidad.

En esta comunicación reflexionaré sobre la importancia de los datos de satélite para entender mejor lo que ciertamente supone el problema ambiental más controvertido y complejo al que nos enfrentamos, el que implica modificar, artificialmente y en un periodo relativamente corto de tiempo, el clima del planeta. Junto a ello, presentaré algunas implicaciones que, a mi modo de ver, se derivan de ese conocimiento, tanto en lo que respecta a nuestro papel como científicos y comunicadores de la ciencia, como a nuestro compromiso personal como ciudadanos.

1. RELEVANCIA DE LA TELEDETECCIÓN PARA EL ANÁLISIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

A partir de la firma en 1992 del tratado internacional de cambio climático (UNFCC, por sus siglas en inglés), la actividad científica sobre esta cuestión se ha multiplicado exponencialmente. En mayo de 2017, cuando redactamos estas páginas, el término “climate change” devuelve un total de 3.220.000 resultados en el buscador académico de Google, de los cuales más de medio millón se han publicado en los últimos cuatro años. Este dato es una simple indicación de la enorme cantidad y variedad de artículos e informes científicos sobre esta materia (no se consideran los publicados en otros idiomas) y, por tanto, de su relevancia científica. El último informe del IPCC sobre esta cuestión (([Stocker *et al.*, 2013](#_ENREF_13))) recoge más de seis mil citas en la misma fecha.

Este basto campo de investigación aglutina materias muy variadas: climatología, glaciología, ecología, oceanografía, física de la atmósfera, economía, política, sociología y un largo etcétera…

Una parte relevante de estos estudios se alimenta de la información que proporcionan los distintos sistemas de teledetección, por lo que las distintas agencias especiales han impulsado misiones específicas para observar los principales procesos que afectan y que impactan al clima del planeta. Seguramente uno de los más destacados ha sido el programa *Earth Observing System*, iniciado por NASA en 1999 con el lanzamiento del satélite *Terra*, que incorporó, entre otros, el sensor MODIS, que ha facilitado una enorme cantidad de estudios de ámbito regional y global para el análisis de tendencias ambientales. Junto a Terra y Aqua (el siguiente satélite de la misma serie, equipado con otro sensor MODIS además de otros complementarios), NASA ha lanzado numerosos satélites orientados al análisis del ambiente global, como Icesat (el primer satélite con Lidar altimétrico), Aura, Cloudsat y OCO (orientados a estudios atmosféricos) o el NPP (sucesor operativo de los Terra-Aqua). Estas misiones se han complementado con la financiación de equipos de investigación que han producido y puesto a disposición pública variables operativas a partir de los datos brutos, de tal forma que pueden descargarse libremente múltiples variables referidas a las condiciones del océano, la atmósfera y la tierra emergida (ver, entre otros lugares <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/>).

La Agencia Espacial Europea (ESA) ha hecho también un gran esfuerzo en la misma dirección, desarrollando misiones experimentales para complementar la información que generaban otras agencias. Vale la pena destacar en esta sentido el programa Climate Change Initiative (<http://cci.esa.int/>), que durante los últimos siete años ha permitido desarrollar series de datos globales y consistentes sobre trece variables de interés climático: aerosoles, nubes, gases de efecto invernadero, ozono, glaciares, hielo continental, cobertura del suelo, incendios, humedad del suelo, color del océano, hielo marino, nivel del mar, y temperatura del océano (([Hollmann *et al.*, 2013](#_ENREF_7))). Este programa supone la principal aportación de la ESA al programa internacional *Global Climate Observing System* (GCOS), que define una lista de variables climáticas esenciales que deberían generarse a partir de teledetección (([GCOS, 2011](#_ENREF_5))).

1. ¿QUÉ SABEMOS ACTUALMENTE SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO?

Por encima de las controversias públicas, más o menos interesadas o promovidas por determinados grupos de opinión, conviene subrayar que hay suficientes evidencias científicas para que podamos afirmar, con una considerable probabilidad, que el cambio climático es un fenómeno real, que está principalmente causado por la actividad humana, y que tiene impactos potencialmente graves en múltiples sistemas naturales y sociales, algunos de los cuales se están observando ya (([National Research Council, 2010](#_ENREF_10))).

Algunas de las tendencias más significativas en este sentido serían:

* Los 16 años más calientes del registro instrumental (>1880) han ocurrido desde 1998, con un aumento de temperatura de 0.87º por encima de la media (1950-1980): <http://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>..
* Se ha observado una pérdida de casi 4 millones de km2 de hielo marino estival en el Ártico entre 1980 y 2015 a partir de datos de sensores de micro-ondas pasivas (http://nsidc.org/arcticseaicenews/). Aunque en la Antártida el efecto es menos evidente, también se observan pérdidas muy relevantes en el sector occidental, el más masivo (([Shepherd *et al.*, 2012](#_ENREF_12))).
* A partir de observaciones de terreno y con datos de satélites ópticos, observamos que la inmensa mayoría de los glaciares del mundo están perdiendo longitud y volumen, en distintas latitudes y hemisferios (([Leclercq *et al.*, 2014](#_ENREF_9))).
* Mediciones con altímetros rádar han comprobado un aumento del nivel del mar de unos 3.3 mm/año para los últimos 20 (([Cazenave & Cozannet, 2014](#_ENREF_3))), con una clara tendencia ascendente.

En cuanto a las causas de ese calentamiento, no se observan variaciones orbitales de la Tierra en tan corto periodo de tiempo, ni un aumento de la radiación solar incidente, ni actividad volcánica excepcional u otros factores naturales. Sí se observa, en cambio y de modo nítido, un aumento de la densidad del anhídrido carbónico y otros gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera (([Lauer *et al.*, 2017](#_ENREF_8))). Si comparamos con el periodo pre-industrial, hemos pasado de concentraciones de 280 a 400 ppm para el CO2, de 700 a 1890 ppb para el CH4 y del 270 al 325 ppb para el N2O. El principal efecto térmico, en función de su abundancia, es el del CO2 con un incremento radiativo estimado global de casi 2 W/m2.

Tampoco cabe duda razonable sobre el origen de estos aumentos en la concentración de GEI. En cuanto al CO2, la emisión procedente de volcanes se estima en torno al 1% de las emisiones de origen humano (([Hards, 2005](#_ENREF_6))). De éstas, calculadas en unas 39.2 Gt de CO2 anuales (<http://www.globalcarbonproject.org/>), se estima que el 90% proceden de la quema de combustibles fósiles y producción de cemento y el resto proviene del cambio de cobertura del suelo (degradación y quema de bosques que se convierten a cultivos).

Finalmente, en cuanto a los impactos previsibles de este calentamiento, la incertidumbre es mayor, ya que entra en juego la complejidad de los modelos climáticos y los escenarios de emisiones que puedan producirse. No obstante, conviene recordar que los centros meteorológicos más prestigiosos del *mundo (Hadley Center; Meteofrance; Max Planck Institute, NOAA*) desarrollan modelos estimativos que muestran bastante convergencia en algunos parámetros (temperatura) siendo más inciertos en otros (como la precipitación o el viento). A partir de estos modelos se estiman las consecuencias previsibles para distintos escenarios, considerando generalmente múltiples modelos, de cara a analizar si esos riesgos son más o menos probables (serían más cuando la mayor parte de los modelos estimen las mismas condiciones).

A partir de esas simulaciones, y por encima de que algunos lugares pueden verse beneficiados por el calentamiento (por ejemplo, temperaturas más benignas que puedan permitirles introducir nuevos cultivos), la velocidad y la magnitud de los cambios estimados apuntan a consecuencias muy negativas para el conjunto del planeta si se mantienen las actuales tasas de emisión. Entre los efectos sobre los que existe bastante consenso científico están el aumento del nivel del agua del mar (que podría alcanzar entre 45 y 80 cm para fines de siglo), con sus impactos sobre la enorme población costera del planeta y la frecuencia de inundaciones, las olas de calor, la pérdida de glaciares (impactando sobre todo a los países con menos capacidad de embalsar agua), la frecuencia de tormentas tropicales, y los cambios en los vectores de transmisión de algunas enfermedades.

1. ACTITUDES ÉTICAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

En múltiples ocasiones se ha debatido sobre la supuesta objetividad de la ciencia a la hora de analizar los problemas ambientales y sociales. Ciertamente, la ciencia experimental debe separar nítidamente entre observaciones e interpretaciones de la realidad, pero a la vez tiene la responsabilidad de informar certeramente sobre las causas y las consecuencias previsibles de un determinado fenómeno. Me parece que algunas facetas del cambio climático tienen muchas similitudes con otra cuestión científica que ha llevado consigo una gran controversial social: el tabaquismo. Durante los años sesenta y setenta se comenzaron a evidenciar los impactos negativos para la salud del hábito de fumar. Los estudios científicos fueron haciéndose más concluyentes, hasta convertirse actualmente en una evidencia difícilmente rebatible. En un reciente informe compilado por el departamento de salud y servicios humanos de EE.UU., se incluyen cifras verdaderamente demoledoras sobre el impacto que el tabaquismo (al que este informe denomina sin ambages, epidemia) ha producido en los últimos cincuenta años en ese país: veinte millones de muertes prematuras, con costes estimados (laborales y sanitarios) de 300.000 millones de dólares. Este informe, tras describir las enfermedades a los que está directamente ligado el tabaco, indica en un párrafo, que me parece especialmente demoledor, que “…La epidemia del tabaco fue iniciada y se ha mantenido mediante estrategias agresivas de la industria del tabaco, que ha deliberadamente confundido al público sobre los riesgos de fumar cigarrillos” (([US Department of Health Human Services, 2014](#_ENREF_14)): p. 7). No parece necesario citar aquí el paralelismo con posturas similares por parte de grupos económicos ligados a los combustibles fósiles.

Como científicos con conocimiento de los problemas ambientales, nuestra mejor contribución a su solución pasa por hacer buena ciencia, generando series temporales consistentes de datos precisos y exactos, con una adecuada estimación de sus incertidumbres asociadas. Ahora bien, me parece asimismo necesario apuntar nuestra responsabilidad para solucionar la raíz de los problemas que estudiamos. Me parece que no basta con informar de las tendencias y sus riesgos asociados, sino también de involucrarnos más para revertirlas. A mi modo de ver, esto supone por un lado ser más activos en la divulgación del mejor conocimiento científico sobre las cuestiones ambientales que estudiamos, y por otro tener actitudes personales coherentes con nuestra visión de los problemas. Esto lleva consigo subrayar la dimensión ética de las cuestiones ambientales (([Burgui & Chuvieco, 2017](#_ENREF_2))), que lleva consigo considerar los impactos de todo tipo que un determinado fenómeno implica, los agentes implicados en ese problema y los valores que cada solución comporta.

Ante un problema de dimensiones globales es fácil tomar actitudes displicentes, derivar responsabilidades, apuntar a fuerzas sociales que tienen una repercusión más efectiva en los problemas y en las soluciones. Pero las actitudes sociales son siempre una suma de las actitudes personales, y un comportamiento tibio o indiferente de quienes cabría esperar una postura más firme, precisamente por conocer la gravedad del problema, tiene un impacto relevante en la opinión pública. Por otra parte, la influencia directa de nuestra actividad, por ejemplo, en el campo docente o en la formación de jóvenes investigadores, me parece que sólo es posible cuando existe un compromiso personal que permita extender las actitudes y los valores que necesitamos para cambiar la situación actual, ambientalmente insostenible. Como sabiamente ha escrito el papa Francisco, la solución a los problemas actuales no puede restringirse a medidas urgentes y parciales. Es algo más profundo: “Debería ser una mirada distinta, un pensamiento, una política, un programa educativo, un estilo de vida y una espiritualidad que conformen una resistencia ante el avance del paradigma tecnocrático" (([Papa Francisco, 2015](#_ENREF_11)): n. 194)

1. REFERENCIAS

Blank, L. M.*, et al.* 2016. Factors Affecting Student Success with a Google Earth-Based Earth Science Curriculum. Journal of Science Education and Technology, Vol. 25:77-90.

Burgui, M. & E. Chuvieco 2017. Dimensiones éticas en los dilemas ambientales: estudio de casos. Ediciones Internacionales Universitarias, Madrid.

Cazenave, A. & G. L. Cozannet. 2014. Sea level rise and its coastal impacts. Earth's Future, Vol. 2:15-34.

Chuvieco, E. 2016. Fundamentals of Satellite Remote Sensing: An Environmental Approach. CRC Press, Boca Raton (FL).

GCOS 2011. Systematic observation requirements for satellite-based products for climate, 2011 update. World Meteorological Organization. WMO GCOS Rep. 154, Geneva, Switzerland.

Hards, V. 2005. Volcanic contributions to the global carbon cycle. British Geological Survey, Nottingham, UK.

Hollmann, R.*, et al.* 2013. The ESA Climate Change Initiative: satellite data records for essential climate variables. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 94:1541-1552.

Lauer, A.*, et al.* 2017. Benchmarking CMIP5 models with a subset of ESA CCI Phase 2 data using the ESMValTool. Remote Sensing of Environment, Vol. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.007.

Leclercq, P. W.*, et al.* 2014. A data set of worldwide glacier length fluctuations. The Cryosphere, Vol. 8:659-672.

National Research Council 2010. Advancing the Science of Climate Change. The National Academy Press, Washington, D.C.

Papa Francisco 2015. Laudato si, Vaticano.

Shepherd, A.*, et al.* 2012. A reconciled estimate of ice-sheet mass balance. Science, Vol. 338:1183-1189.

Stocker, T. F.*, et al.*, editores. 2013. Climate Change 2013 - The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.

US Department of Health Human Services 2014. The health consequences of smoking—50 years of progress: a report of the Surgeon General. US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health, Atlanta, GA.

Xiang, X. & Y. Liu. 2017. Understanding ‘change’through spatial thinking using Google Earth in secondary geography. Journal of Computer Assisted Learning, Vol. 33:65-78.