

# La teledetección en estudios ecológicos

J. Cabello<sup>1</sup>, J.M. Paruelo<sup>2</sup>

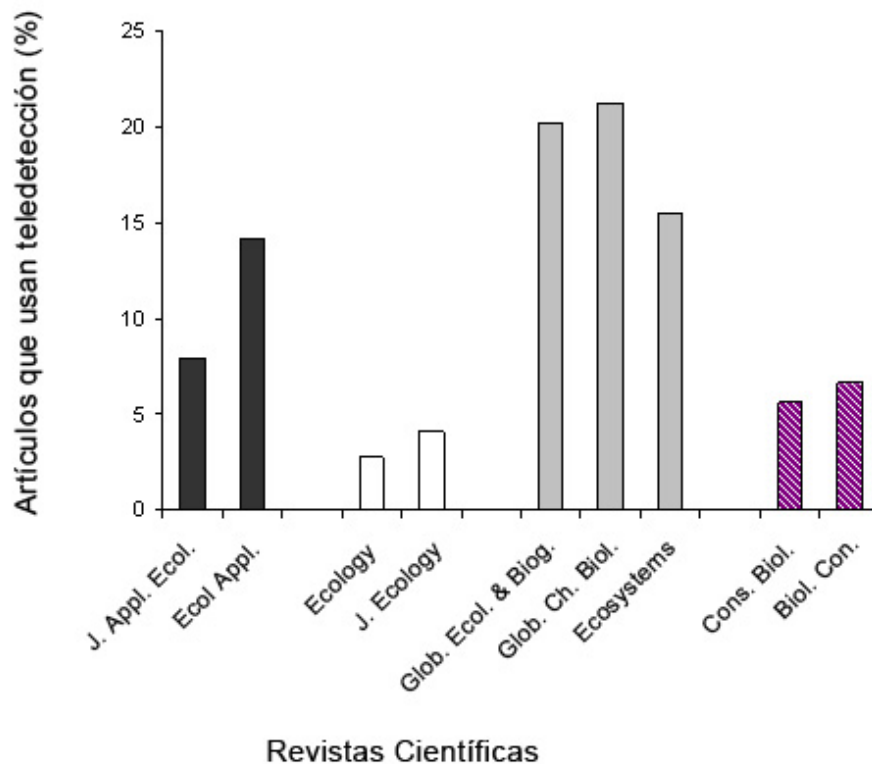
(1) Dpto. Biología Vegetal y Ecología, Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global, Universidad de Almería, 04120, Almería, España.

(2) Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección – IFEVA y Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires y CONICET. C1417DSE Buenos Aires, Argentina.

Cabello, J., Paruelo, J.M. (2008). La teledetección en estudios ecológicos. *Ecosistemas* 17(3):1-3.

El desafío de conservar la biodiversidad, el funcionamiento ecosistémico y los servicios ambientales exige aproximaciones novedosas tanto para conocer mejor (plano conceptual) como para gestionar mejor (plano aplicado) los sistemas ecológicos. La naturaleza de las amenazas que enfrentan los ecosistemas hace que las aproximaciones experimentales tradicionales, si bien necesarias e imprescindibles, sean hoy insuficientes. En el plano conceptual, los experimentos en parcelas y en condiciones controladas son, sin duda, esenciales a la hora de evaluar hipótesis acerca del funcionamiento de la naturaleza. Sin embargo, cada vez más, los ecólogos nos vemos en la necesidad de ponerlas en el contexto de los principales problemas ambientales que enfrenta la humanidad, con su naturaleza global y sus múltiples dimensiones. Incorporar este contexto impone el desafío de estudiar los sistemas ecológicos a escalas espaciales y temporales distintas a las que accedemos en experimentos controlados. Más aún, tratar de entender las consecuencias ecológicas de, por ejemplo, los cambios climáticos, atmosféricos o de uso del territorio, requiere poner énfasis en los diferentes niveles de organización. Esto implica estudiar además de entidades tangibles, como los individuos y las poblaciones, niveles de organización con límites difusos y de creciente intangibilidad como las comunidades o los ecosistemas.

Aunque no constituye una herramienta común, los ecólogos hemos incorporado el uso de la teledetección desde hace tiempo. De hecho casi un 9% de los artículos publicados en los últimos cinco años en revistas de ecología de alto impacto hacen uso de la percepción remota (**Fig.1**), si bien de manera desigual de acuerdo con los ámbitos de estudio. La mayor parte de estos trabajos utilizan la información espectral para describir la variación en el espacio de la vegetación o del paisaje en términos más generales, asumiendo una perspectiva holista de los sistemas ecológicos. Las publicaciones de carácter aplicado (*Journal of Applied Ecology* y *Ecological Applications*), en las que las descripciones del territorio y la resolución de cuestiones de gestión ambiental cobran más importancia, hacen mayor uso de los sensores remotos que aquellas otras más orientadas a los aspectos básicos de la ciencia ecológica (*Journal of Ecology* o *Ecology*). Sin embargo, son los estudios asociados a escalas regionales o globales o al nivel de organización ecosistema (*Global Ecology and Biogeography*, *Global Change Biology* y *Ecosystems*) los que incorporan en una proporción sensiblemente mayor de los artículos publicados (casi un 20%) a la teledetección (**Fig. 1**). Particularmente bajo, es el uso de las herramientas basadas en datos satelitales en las principales revistas dedicadas a la biología de la conservación (*Conservation Biology* y *Biological Conservation*).



**Figura 1.** Proporción de los artículos publicados en algunas de las principales revistas científicas dedicadas a la Ecología entre 2002 y 2007 que utilizan técnicas de teledetección.

El uso más generalizado de la teledetección suele estar asociado a las descripciones de tipos de cobertura del suelo. Este enfoque tiene un enorme impacto en el desarrollo de las investigaciones ecológicas ya que mejora la caracterización de la heterogeneidad del paisaje y permite describir patrones espaciales de unidades ecosistémicas estructurales (distribución de tipos de vegetación, por ejemplo). La identificación de estos patrones es un paso crucial en la elaboración de hipótesis acerca de los controles de procesos ecológicos, y en el seguimiento de los cambios y usos de cobertura del suelo. Este ámbito de trabajo, representa la aplicación de la teledetección a la ecología desde un enfoque estructural, y en su vertiente más aplicada permite la evaluación de la fragmentación de hábitats, o los cambios en la estructura de la vegetación.

Sin embargo, la teledetección brinda la posibilidad de ir más allá de lo estructural y describir aspectos funcionales de los sistemas ecológicos, particularmente a nivel de ecosistemas. A este nivel el funcionamiento involucra los intercambios de materia y energía de la biota con el medio físico, para cuya caracterización han demostrado ser muy efectivos los índices espectrales, particularmente los relacionados con las ganancias de C y las pérdidas de agua. Bajo este enfoque es posible vincular las características espectrales de porciones de territorio (píxeles) con atributos relacionados con la productividad, estacionalidad, fenología, eficiencia en el uso de la precipitación o el nivel de estrés de la vegetación. En nuestra opinión es este punto de vista el que permitirá hacer mayores progresos en los aspectos aplicados de la ecología, no sólo en la evaluación de la respuesta de los ecosistemas a los cambios ambientales (Pettorelli et al. 2005), sino también al seguimiento de las acciones de gestión de la naturaleza, desde el nivel de especie hasta el de ecosistema (Kerr y Ostrowsky 2003; Nagendra y Gadgil 1999; Turner et al. 2003).

En este número monográfico se presentan aportaciones que muestran cómo el empleo de técnicas de teledetección puede contribuir tanto al conocimiento de los procesos ecológicos como a la resolución de problemas de manejo y conservación. La síntesis que se presenta, incompleta y sesgada, muestra esta potencialidad a partir de ejemplos que involucran revisiones e investigaciones realizadas por ecólogos iberoamericanos. Un grupo de los trabajos presentados se ocupan de evaluar el alcance e idoneidad de herramientas de teledetección para la estimación de variables biofísicas relacionadas con el funcionamiento de los ecosistemas. Así, Paruelo (2008) resume las técnicas más frecuentemente usadas en la descripción de la dinámica temporal de las ganancias de C, particularmente de la productividad primaria neta, y de las pérdidas de agua por evapotranspiración. Garbulsky et al. (2008) y Yebra y Chuvieco (2008) muestran cómo se vinculan y potencian las estimaciones de índices espectrales calculados a partir de sensores remotos con experimentos de campo y modelos de simulación. Di Bella et al. (2008) hacen una revisión exhaustiva de los productos derivados de sensores remotos que se emplean para el seguimiento de áreas quemadas e inundadas. Por otro lado, frente a las ya consolidadas imágenes multispectrales, Escribano et al. (2008) enseñan como el empleo de nuevos formatos capaces de registrar bandas contiguas

en todo el espectro de reflectancia permiten cuantificar los tipos de cubiertas a escalas de gran resolución espacial. El resto de los trabajos representan estudios de ecología aplicada a la gestión y conservación basados en la caracterización del funcionamiento de los ecosistemas a partir de índices espectrales. En concreto Cabello et al. (2008) muestran como a partir de caracterizaciones de este tipo se puede progresar en la resolución de una cuestión básica en la práctica de la biología de la conservación, la evaluación de la representatividad de las redes de áreas protegidas. Fernández y Piñeiro (2008) usan atributos funcionales para generar clasificaciones de Tipos Funcionales de Ecosistemas en áreas protegidas de España, y señalan como el empleo de dichas clasificaciones representa un complemento al reconocimiento de unidades estructurales, y un elemento básico para el análisis de los ecosistemas con el fin de establecer medidas de gestión. Con el objetivo de evaluar la efectividad de las acciones de gestión, Alcaraz-Segura et al. (2008) emplean aproximaciones a diferentes escalas espaciales (continentes, países, regiones) para evaluar los cambios en el promedio anual, la estacionalidad, y la inestabilidad de la dinámica temporal (cambios abruptos) de la capacidad fotosintética de la vegetación en áreas protegidas. Finalmente, Oyarzabal y Oyonarte (2008) muestran como la alta frecuencia temporal con la que son tomadas las imágenes de satélite, permite el seguimiento del comportamiento funcional de los ecosistemas casi en tiempo real (1 mes de retraso), y ello representa una oportunidad única para el desarrollo de sistemas de alerta temprana en espacios protegidos.

## Referencias

Alcaraz-Segura, D., Baldi, G., Durante, P., Garbulsky, M.F. 2008. Análisis de la dinámica temporal del NDVI en áreas protegidas: tres casos de estudio a distintas escalas espaciales, temporales y de gestión. *Ecosistemas* 17(3):108-117.

Cabello, J., Alcaraz-Segura, D., Altesor, A., Delibes, M., Baeza, S., Liras, E. 2008. Funcionamiento ecosistémico y evaluación de prioridades geográficas en conservación. *Ecosistemas* 17(3):53-63.

Di Bella, C.M., Posse, G., Beget, M.E., Fischer, M.A., Mari, N., Veron, S. 2008. La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. *Ecosistemas* 17(3):39-52.

Escribano, P., Palacios-Orueta, A., Oyonarte, C. 2008. Cuantificación y distribución espacial de los tipos de cubierta en los ecosistemas semiáridos con imágenes hiperespectrales, caso práctico en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (Almería). *Ecosistemas* 17(3):79-88.

Fernández, N., Piñeiro, G. 2008. La caracterización de la heterogeneidad espacial de los ecosistemas: el uso de atributos funcionales derivados de datos espectrales. *Ecosistemas* 17(3):64-78.

Garbulsky, M. F., Peñuelas, J., Ourcival, J. M., Filella, I. 2008. Estimación de la eficiencia del uso de la radiación en bosques mediterráneos a partir de datos MODIS. Uso del Índice de Reflectancia Fotoquímica (PRI). *Ecosistemas* 17(3):89-97.

Kerr, J., Ostrovsky, M. 2003. From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in Ecology and Evolution* 18:299-305.

Nagendra, H., Gadgil, M. 1999. Biodiversity assessment at multiple scales: Linking remotely sensed data with field information. *Proceedings of the National Academy of the United States of America* 96:9154–9158.

Oyarzabal, M., Oyonarte, C., Giorno, A. 2008. Propuesta de un sistema de seguimiento y alerta para la gestión de espacios protegidos: el caso del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (Almería, España). *Ecosistemas* 17(3):98-107.

Paruelo, J.M. 2008. La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. *Ecosistemas* 17(3):4-22.

Pettorelli, N., Vik, J.O., Mysterud, A., Gaillard, J.M., Tucker, C.J., Stenseth, N.C. 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology and Evolution* 20:503-510.

Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E., Steininger, M. 2003. Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 18:306-314.

Yebra, M., Chuvieco, E. 2008. Modelos de Simulación de Reflectividad en ecología: potencialidades y problemas. *Ecosistemas* 17(3):23-38.