

# 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)

M. Oyarzabal<sup>1</sup>, C. Oyonarte<sup>2</sup>, A. Giorno<sup>1</sup>

(1) LART - IFEVA, Facultad de Agronomía (UBA)/CONICET, Av. San Martín 4453, C1417DSE, Argentina.

(2) Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Almería, España.

➤ Recibido el 15 de junio de 2008, aceptado el 13 de septiembre de 2008.

**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.**

La mayoría de las áreas protegidas del mundo carecen de un sistema de seguimiento y alerta con implicancias directas en la gestión. Este trabajo propone, a partir del caso del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, posibles aplicaciones de un sistema de seguimiento. El sistema está basado en la más moderna tecnología satelital y fue originalmente desarrollado para uso agropecuario. En concreto, se propone la caracterización en un contexto histórico del funcionamiento de la vegetación del Parque, la descripción espacialmente explícita de la heterogeneidad y de la tendencia temporal en el funcionamiento de la vegetación, la aplicación de un sistema de alerta temprana de detección de cambios ecosistémicos, y la evaluación de la idoneidad del Parque en términos del funcionamiento de la vegetación que alberga. El sistema genera mensualmente información apropiada para gestores y podría aplicarse a un amplio abanico de áreas protegidas terrestres.

Palabras clave: Indicadores funcionales, tiempo real, niveles de referencia, sensores remotos, MODIS.

**Oyarzabal, M., Oyonarte, C., Giorno, A. (2008). Proposal for a monitoring and alert system for management of protected areas: The case of Cabo de Gata-Níjar Natural Park (Almería, Spain). *Ecosistemas* 17(3):98-107.**

The majority of protected areas in the world lack monitoring and alert systems with management impact. This work proposes, using Cabo de Gata-Níjar Natural Park (Almería, Spain) as a reference, potential applications of a monitoring system originally developed for agronomic purposes. The system is based on the most modern remote sensing technology. Specifically we propose the characterization of the functioning of the vegetation of the Park from a historical context, the spatially explicit description of the heterogeneity and the temporal tendency of the functioning of the vegetation, the application of an early alert system for detection of ecosystem changes, and the evaluation of the appropriateness of the Park in terms of the functioning of its vegetation. The system proposed generates monthly information for managers and could be applied to terrestrial protected areas.

Keywords: Functional indicators, near real time, baseline/reference situations, remote sensing, MODIS.

## Introducción

La gestión de las áreas protegidas terrestres podría beneficiarse de forma más habitual y directa de la tecnología satelital. Los espacios protegidos son generalmente áreas extensas, de alto valor intrínseco, con sitios de difícil acceso y que poseen una vegetación heterogénea en el espacio y en el tiempo. Por tanto, resulta evidente la necesidad de contar con sistemas que permitan evaluar el conjunto del territorio, que permitan realizar la detección temprana de cambios espacialmente explícitos, que provean cuantificaciones objetivas para el diagnóstico y la evaluación de medidas, y que faciliten al gestor la toma de decisiones en el ámbito de la conservación (Clark et al. 2001). Esta necesidad deja entrever un desafío habitualmente difícil de resolver con aproximaciones tradicionales como la observación directa mediante recorridos, visitas de parcelas de seguimiento, transectos y/o censos (Cleary 2006). De hecho, la mayor parte de los espacios protegidos carece de planes de seguimiento con implicancias directas en la gestión (EUROPARC-España 2005). Desde hace algunos años, la tecnología

satelital permite estudiar, con razonable detalle espacial y en tiempo real, la estructura y función de los ecosistemas, y cubrir todo el territorio y prolongados períodos de tiempo, incluso de forma retrospectiva (Running et al. 2000). Por consiguiente, los datos suministrados por los satélites podrían usarse para diseñar un sistema de seguimiento y alerta temprana en áreas protegidas.

Un sistema de seguimiento y alerta para áreas protegidas debería poseer ciertas características que la tecnología satelital garantiza. El sistema debería ser conceptualmente robusto, sensible a cambios ecosistémicos en el espacio y en el tiempo, interpretable por gestores y, por supuesto, preferentemente de bajo costo. Desde hace algún tiempo, los datos provistos por satélites pueden utilizarse en modelos biofísicos que permiten estimar flujos ecosistémicos clave. Por ejemplo, la información satelital permite estimar la productividad de un área, el principal flujo de entrada de energía de los ecosistemas. La productividad, o un estimador de ella como la radiación absorbida, es sensible a las condiciones ambientales y determina la cantidad de energía disponible para los niveles tróficos superiores. Afortunadamente, cada vez con mayor frecuencia la información satelital usada para estimar estos flujos es de uso público, y tiene relativo bajo costo o es gratuita. Por lo tanto, los requisitos para un sistema de seguimiento y alerta podrían satisfacerse a partir de tecnología satelital.

El objetivo de este trabajo es proponer un sistema de seguimiento y alerta para la gestión de espacios protegidos a partir del caso del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (Almería, España). El sistema fue desarrollado para uso agropecuario (Grigera et al. 2007a) y está basado en la más moderna información radiométrica satelital. Calcula la radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación como un descriptor del funcionamiento del ecosistema. Este trabajo establece el esquema metodológico base para la implementación del sistema en áreas protegidas y propone una serie de aplicaciones prácticas en el ámbito de la gestión: caracterización en un contexto histórico del funcionamiento de la vegetación del Parque, la descripción espacialmente explícita de la heterogeneidad y de la tendencia temporal en el funcionamiento de la vegetación, la aplicación de un sistema de alerta temprana de detección de cambios ecosistémicos, y la evaluación de la idoneidad del Parque en términos del funcionamiento de la vegetación que alberga.

## Materiales y métodos

El Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (en adelante citado como Parque) cubre 38.000 has terrestres ubicadas en el extremo sudeste de España. Fue creado en 1987, es Reserva de la Biósfera desde 1997, y representa uno de los pocos espacios protegidos de estepas y semidesiertos de Europa. La precipitación media anual es de 200 mm y la temperatura media anual de 18.1 °C, con mínima y máxima medias de 14.6 y 21.7 °C. El área incluye diferentes tipos de paisajes asociados a materiales volcánicos y calizas arrecifales. Los tipos de vegetación dominante son las arbustadas xerofíticas y los herbazales perennes de estepa. El área ha sido explotada tradicionalmente mediante un sistema agro-pastoril que en la actualidad está en fase de abandono (Escribano 2002). En torno al Parque se estableció una zona de referencia (en adelante Contorno) de similar superficie y características ambientales y que fue utilizada para comparar, en términos del funcionamiento de la vegetación, ecosistemas con diferente status de protección.

Se utilizó una serie temporal del EVI (Enhanced Vegetation Index), un índice de vegetación provisto por el sensor [MODIS](#). Este índice es uno de los más comunes calculados a partir de observaciones satelitales para el seguimiento de la vegetación. El EVI está directamente relacionado con el índice de área foliar porque se basa en la propiedad espectral de la vegetación verde de absorber diferencialmente la radiación fotosintéticamente activa. Los tejidos verdes absorben la radiación visible en la longitud de onda del rojo, que utilizan para la fotosíntesis, mientras que reflejan la mayor parte de la radiación en la zona del infrarrojo cercano. El EVI calcula la diferencia normalizada de la reflectancia entre estas dos longitudes de onda (rojo e infrarrojo cercano), e incorpora una tercera longitud de onda (azul) que minimiza la influencia del suelo y la atmósfera. El sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), a bordo de los satélites Terra y Aqua de la NASA, combina alta resolución espacial y temporal (tamaño de píxel <6 ha y frecuencia de observación de un mismo sitio prácticamente diaria) con georeferenciación, correcciones atmosféricas y detección de nubosidad notablemente mejoradas respecto de los sensores utilizados anteriormente. Estas características garantizaron un seguimiento del funcionamiento de la vegetación con buen detalle en el espacio y tiempo (Grigera et al. 2007b). Se usaron los compuestos de 16 días correspondientes al período comprendido entre marzo de 2000 y abril de 2008 y con una resolución espacial de 230x230m (tamaño del píxel). A la serie se le aplicaron filtros que seleccionaron datos con [calidad espectral](#) buena o superior. La información fue transformada al datum ED50 y georeferenciada en el sistema UTM 30N.

Como medida del funcionamiento del ecosistema se calculó la Radiación Fotosintéticamente Activa Absorbida (RFAA) por la vegetación mediante la siguiente ecuación:

$$RFAA = fRFAA \times RFAi \quad (1)$$

donde  $fRFAA$  es la fracción de la Radiación Fotosintéticamente Activa que es Absorbida por la vegetación, y  $RFAi$  la Radiación Fotosintéticamente Activa incidente. La  $fRFAA$  fue calculada a partir de una relación lineal con el EVI (Enhanced Vegetation Index), utilizando el procedimiento propuesto por Ruimy et al. (1994) que requiere fijar los valores de  $fRFAA$

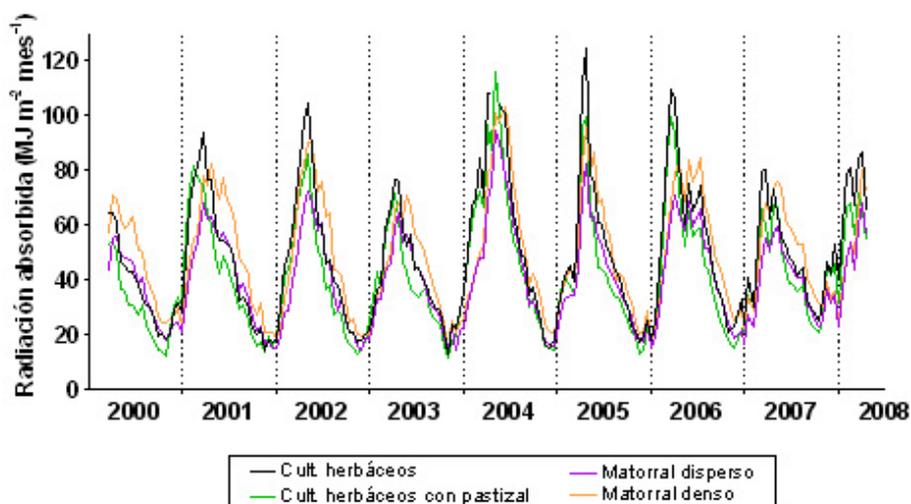
mínimos (0%) y máximos (95 %). El otro término de la ecuación (1), la RFAi fue tomada de registros diarios del Aeropuerto de Almería. Por más detalles del algoritmo general de cálculo de la RFAA ver Grigera et al. (2007a). La ventaja de usar la RFAA en vez de directamente un índice de vegetación como el EVI radica en cierto desfase en las dinámicas temporales de la interceptación de energía (fPAR, calculada a partir del EVI) y de la radiación incidente. La fPAR promedio fue máxima durante Febrero y mínima durante Septiembre, mientras que la RFAi fue máxima en Junio y mínima en Diciembre. Cuando esto ocurre, la RFAA calculada como el producto entre ambas medidas (1) es mejor indicador de la actividad fotosintética de la vegetación que los índices de vegetación.

Se realizó una selección de píxeles que representaron los tipos de cubierta dominantes según el Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del suelo de Andalucía del año 2003 (CMA 2007). Este mapa se confeccionó según un modelo de datos y nomenclatura basados en la cartografía derivada del Proyecto "CORINE Land Cover". Se utilizó este mapa como referencia por cubrir un extenso territorio, con independencia de su catalogación como espacio protegido, y por estar basado en criterios ampliamente extendidos y utilizados lo que facilita la interpretación y comparación de los resultados. Entre los tipos de cobertura vegetal que el mapa establece fueron seleccionados el Matorral disperso, el Matorral denso, los Cultivos herbáceos y los Cultivos herbáceos con pastizal, que ocupan en su conjunto el 72 y 55% del área del Parque y del Contorno, respectivamente. Para cada tipo de cobertura vegetal y área se seleccionó una muestra de 20 píxeles que cumplió dos condiciones: inclusión completa dentro de un tipo de cobertura vegetal y localización alejada de otras coberturas.

## Resultados y Discusión

### Información producida por el sistema

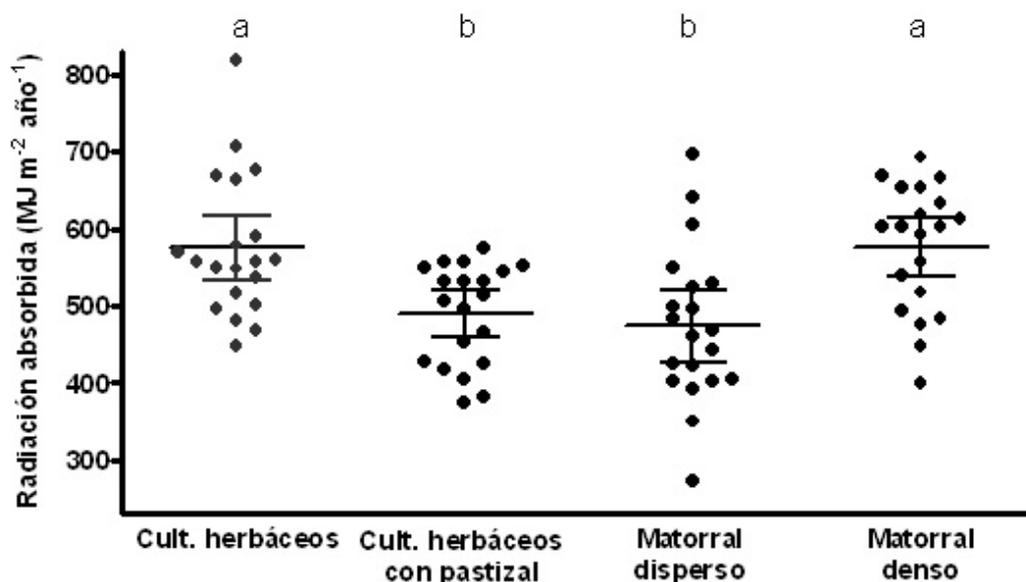
El sistema de seguimiento y alerta propuesto permitió calcular la radiación absorbida desde marzo de 2000 hasta abril de 2008, con un dato cada 16 días para cada píxel de 5.3 has (el número total de registros por píxel fue de 188). Los registros agrupados por tipo de cobertura vegetal permitieron observar la dinámica temporal de la radiación absorbida durante el período 2000-2008 (**Fig. 1**). La radiación absorbida fue estacional y aproximadamente sincrónica para las cuatro coberturas, con máximos durante abril-mayo-junio y mínimos en noviembre-diciembre, dependiendo del año. Este patrón es similar al descrito para la vegetación del Parque a nivel de unidades de paisaje (Paruelo et al. 2005), y difiere ligeramente del establecido en una zona de mayor precipitación, un doble pico de crecimiento típico de ambientes mediterráneos (Durante et al., en prensa).



**Figura 1.** Dinámica de la radiación absorbida por cuatro coberturas vegetales del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (Almería, España), desde marzo de 2000 hasta abril de 2008. Cada línea une valores promedio cada 16 días de 20 píxeles por tipo de cobertura.

El promedio de la sumatoria anual de cada uno de los registros, la radiación absorbida anual promedio, permitió comparar el funcionamiento de cada cobertura vegetal (**Fig. 2**). Los Cultivos herbáceos y el Matorral denso absorbieron en promedio un 20% más de radiación que los Cultivos herbáceos con pastizal y el Matorral disperso ( $P < 0.05$ ). Por otro lado, la variabilidad espacial intra-cobertura fue mayor que la existente entre coberturas: El Matorral disperso fue la cobertura vegetal más

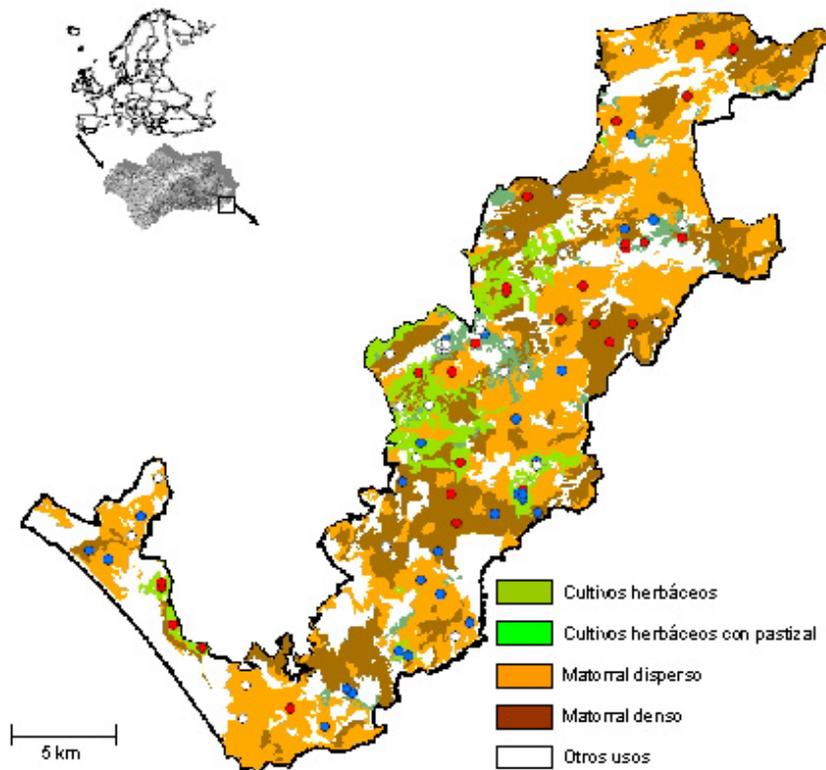
heterogénea del Parque, con un 60% más de heterogeneidad que la de Cultivos herbáceos con pastizal (CV=21 y 13%, respectivamente), el Matorral denso y los Cultivos herbáceos tuvieron valores intermedios (CV=14 y 16%) (Figura 2).



**Figura 2.** Heterogeneidad espacial de la radiación anual absorbida por cuatro coberturas vegetales del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (Almería, España). Los puntos corresponden al promedio del período 2000-2007 de cada uno de los 20 píxeles por cobertura, y las líneas al promedio e intervalo de confianza ( $\alpha=0.05$ ). Letras distintas indican diferencias significativas para los valores promedio entre coberturas ( $P<0.05$ ).

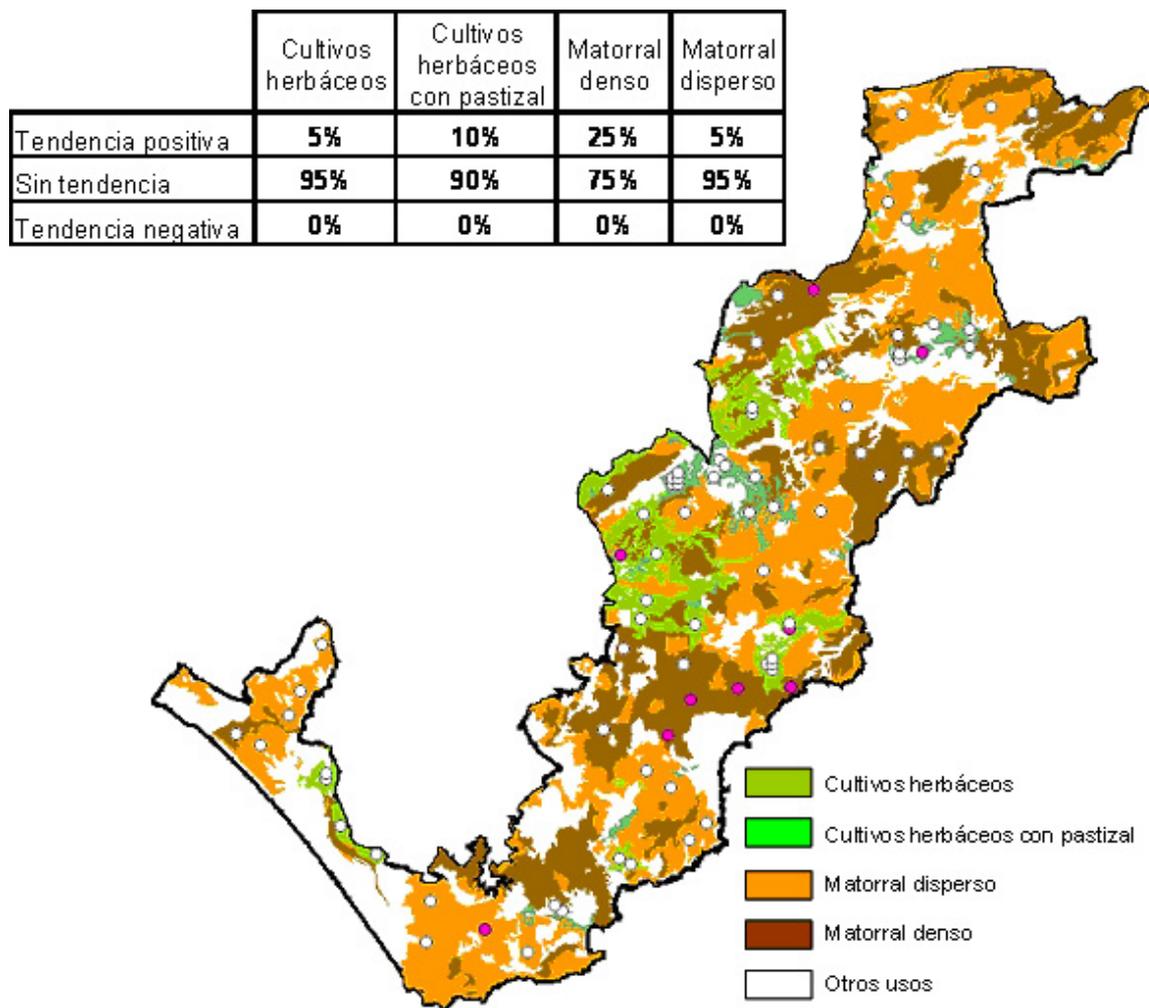
#### Aplicaciones propuestas para el uso de la información

La información generada tiene varias aplicaciones posibles en la gestión de espacios protegidos. Los valores medios de radiación absorbida por píxel (**Fig. 2**) pueden representarse en mapas que describan la heterogeneidad funcional. Se consideraron tres rangos de radiación absorbida y se construyó un mapa con los píxeles clasificados según si su radiación absorbida promedio fue inferior o superior a un rango de variabilidad de la media de su clase (en este caso  $\pm$  el intervalo de confianza) (**Fig. 3**). Como la radiación absorbida es el principal determinante de la productividad primaria en muchos ecosistemas terrestres (Monteith 1972), el resultado puede interpretarse como un mapa de heterogeneidad espacial de la productividad primaria de cada tipo de cobertura vegetal (**Fig. 3**). Aún en ecosistemas secos como el que nos ocupa, la productividad está fuertemente determinada por la radiación absorbida ya que la baja disponibilidad hídrica durante períodos prolongados afecta más a la fracción de la radiación fotosintéticamente activa que es absorbida por la vegetación que a la eficiencia de conversión de esa energía absorbida en biomasa.



**Figura 3.** Mapa de coberturas del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (Almería, España), y ubicación de los píxeles seleccionados (círculos). Los píxeles rojos tuvieron una radiación acumulada anual promedio (2000-2007) mayor al intervalo de confianza establecido para la cobertura vegetal al que pertenecen (ver Figura 2), los píxeles azules mostraron una radiación acumulada anual menor, y los píxeles blancos tuvieron un valor promedio comprendido en el intervalo confianza.

Por otro lado, los registros históricos permitieron estudiar tendencias temporales en el funcionamiento de la vegetación del Parque. Se evaluó a nivel de píxel la existencia de tendencias temporales (2000-2007) en la radiación anual absorbida mediante modelos de regresión lineal. Si los modelos lineares resultaron significativos, las pendientes positivas indicaron tendencias temporales positivas durante 2000-2007, lo contrario para el caso de las negativas. Los resultados permitieron construir un mapa de tendencias temporales de la radiación anual absorbida a escala de píxel (**Fig. 4**). La mayoría de los píxeles no mostró tendencia temporal, mientras que algunos mostraron una tendencia positiva, la mayor cantidad en el Matorral denso (25%) y la menor en el Matorral disperso y los Cultivos herbáceos (5%). Ninguno de los píxeles mostró una tendencia negativa, algo similar a patrones descritos en Sudamérica a nivel continental excepto para sitios desforestados o intensamente disturbados (Paruelo et al. 2004). Similarmente, Durante et al. (2008) describieron una tendencia negativa de un índice de vegetación (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) en zonas perturbadas por el manejo. Esta ausencia de tendencias negativas en el Parque y una mayoritaria cantidad de píxeles que no mostraron tendencias indica cierta estabilidad en el funcionamiento de la vegetación del Parque.



**Figura 4.** Tendencia temporal de la radiación anual absorbida por cuatro coberturas vegetales. Los píxeles rosas tuvieron una tendencia lineal y positiva durante el período 2000-2007 ( $n=8$ ,  $P<0.05$ ), y los píxeles blancos no mostraron tendencia temporal (ningún píxel mostró tendencia negativa). La tabla muestra el porcentaje de píxeles en cada condición y cobertura.

La combinación de los dos atributos calculados, la radiación anual absorbida relativa (Fig. 2 y 3) y su tendencia temporal (Fig. 4), podría ser utilizada para identificar las necesidades y las prioridades de la gestión de un área. Para este fin se propone una matriz de decisión que podría servir de apoyo tanto para comprobar la efectividad de las medidas adoptadas como para la planificación de la gestión del Parque (Fig. 5). La interpretación debería ser evaluada según cada caso, y las medidas de acción dependerán de los objetivos fijados.

		Radiación absorbida		
		Baja	Media	Alta
Tendencia temporal de la Radiación absorbida	Positiva	5 (0%)	2 (0%)	1 (5%)
	Neutra	7 (40%)	4 (30%)	3 (25%)
	Negativa	9 (0%)	8 (0%)	6 (0%)

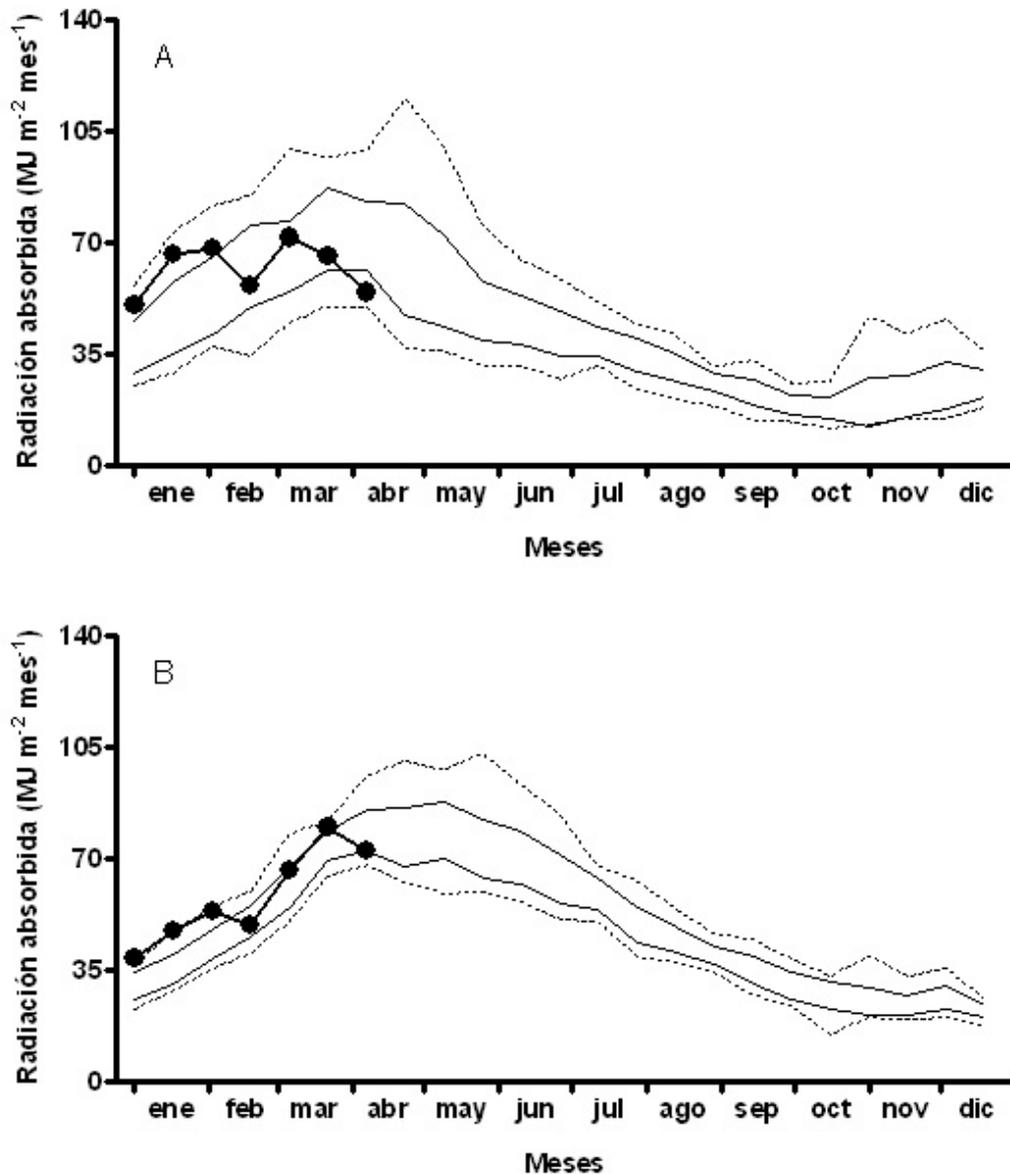
**Figura 5.** Matriz de apoyo para la toma de decisiones en la gestión. Permite evaluar la necesidad y/o prioridad de la gestión de un área en función de la radiación anual absorbida relativa y su tendencia temporal. Para su interpretación es necesario

*considerar los objetivos de gestión, en este caso se muestra un ejemplo para el supuesto de selección de áreas de reforestación, aplicado sobre las zonas de matorral disperso.*

*El grado de prioridad viene indicado por el número de la celda (en azul), estableciendo un gradiente de menor (1) a mayor (9) prioridad. Se ha generalizado el nivel de prioridad agrupando los valores del índice en tres clases: baja (celdas amarillas), media (celdas naranjas) y alta (celdas rojas). Entre paréntesis se indica el porcentaje de píxeles de cada clase (n=20).*

Un ejemplo de la utilización de la matriz podría plantearse ante la decisión de los gestores del Parque de abordar una actuación de incremento de la cubierta vegetal con el objetivo de mitigar procesos de erosión (**Fig. 5**). Para seleccionar las zonas es posible generar una clasificación de las áreas (píxeles) en función de la necesidad y grado de prioridad de la actuación en cada uno de ellos. Para este caso particular se consideró que valores bajos de radiación absorbida indican una baja cobertura de la vegetación por deterioro y por lo tanto indicaría, junto con la tendencia temporal, el grado de prioridad. Se aplicaron estos criterios a las zonas de matorral disperso (donde lógicamente se encontrarán las zonas con menor cobertura vegetal respecto a áreas de matorral denso) y se asignó a cada celda un número que indica el grado de prioridad. También, se calculó el porcentaje de píxeles que están incluidos dentro de cada clase (**Fig. 5**). Las zonas con prioridad baja (1-3), o que no necesitan restauración, suponen el 30% de los píxeles analizados, mientras que los clasificados de prioridad alta (7-9) representan el 40%, y con prioridad media (4-6) el 30%. Como los píxeles se encuentran georeferenciados, la visualización de la imagen clasificada supondría un mapa de áreas prioritarias para actuaciones sobre la cubierta vegetal.

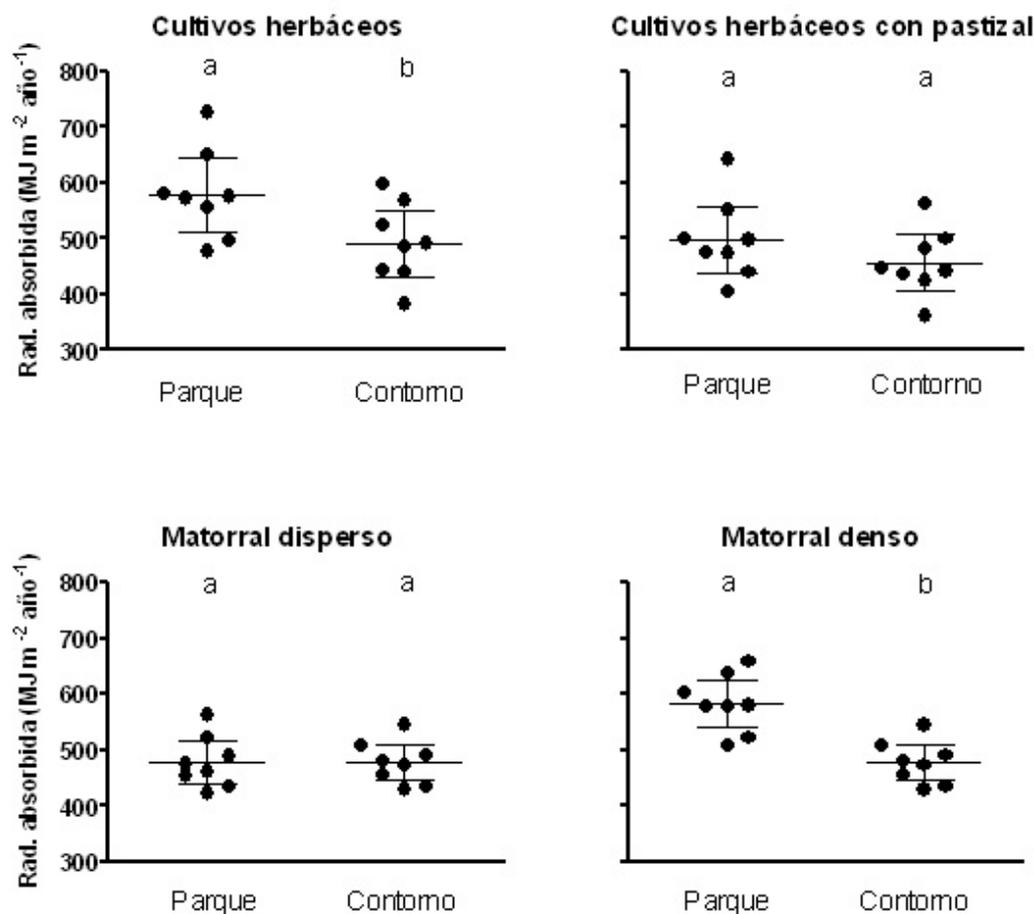
Por otra parte, el gestor frecuentemente está obligado a la adopción de medidas para la que resulta vital disponer, en el momento de la decisión, de información actualizada sobre la condición de los ecosistemas. Este es el objetivo que persiguen los sistemas de alerta temprana, que están diseñados para aportar información en tiempo real sobre el estado o la existencia de cambios en el ecosistema (ver por ejemplo Anderson et al. 2005). Aquí se propone un esquema que permite evaluar cada 16 días (resolución temporal de la información de base) el estado de un área del Parque tomando como referencia el comportamiento de años anteriores. La propuesta consiste en la representación de los valores actuales de radiación absorbida frente a registros históricos (máximos y mínimos absolutos, y rango medio durante 2000-2007). A modo de ejemplo para dos tipos de coberturas de vegetación, se comparó la dinámica de la radiación absorbida durante los primeros meses de 2008 respecto a registros históricos de la serie temporal 2000-2007 (**Fig. 6**). El comportamiento fue algo similar en las dos tipos de cobertura; durante las primeras 3 fechas los valores son mayores al rango medio para los Cultivos herbáceos con pastizal y similar a los máximos para el Matorral denso. En las siguientes fechas los valores de 2008 son similares al rango medio, excepto para la última (abril de 2008) en que la radiación absorbida disminuye aproximadamente hasta los mínimos de la serie, especialmente la de los Cultivos herbáceos con pastizal (**Fig. 6**). Este tipo de análisis podría ayudar a detectar de manera temprana y espacialmente explícita cambios funcionales, de aparición generalmente anticipada a los cambios estructurales.



**Figura 6.** Gráfico propuesto como base para el sistema de alerta temprana. Como ejemplo se ha realizado para dos coberturas vegetales: Cultivos herbáceos con pastizal (A) y Matorral denso (B). Las líneas discontinuas corresponden a valores absolutos máximos y mínimos registrados durante un período (en este caso 2000-2007), las líneas continuas delgadas indican el límite máximo y mínimo del intervalo de confianza para el mismo período (o rango promedio), y la línea gruesa con puntos muestra la dinámica del año actual (2008, hasta mediados de abril, un dato cada 16 días).

Por último, el sistema de seguimiento permitió evaluar la idoneidad del Parque en términos del funcionamiento de la vegetación que alberga. Se comparó el funcionamiento de las coberturas vegetales del Parque respecto al Contorno, un área vecina con características ambientales similares. La radiación anual absorbida tendió a ser mayor en las coberturas del Parque que en las del Contorno excepto en el Matorral disperso, con diferencias significativas en el caso de los Cultivos herbáceos y el Matorral denso (Fig. 7). Los resultados sugieren que existió una tendencia temporal positiva de la productividad de la vegetación tras la declaración de la zona como espacio protegido a fines de la década de los ochenta. En los últimos años (2000-2007), esta tendencia positiva se verificó dentro del Parque sobre todo en el Matorral denso (25% de los píxeles) y menos en los cultivos herbáceos con pastizal (10% de los píxeles) (Fig. 4), probablemente por eso las diferencias entre Parque y Contorno sean significativas solo para el caso del Matorral denso (Fig. 7). El caso de los cultivos herbáceos parece distinto, esta cobertura vegetal prácticamente no mostró tendencias positivas dentro del Parque durante 2000-2007 (solo el 5% de los píxeles) (Fig. 4) y las diferencias entre Parque y Contorno fueron significativas (Fig. 7). Esto sugiere la existencia de una tendencia negativa en los cultivos herbáceos del Contorno durante 2000-2007, y/o diferencias entre Parque y Contorno anteriores al período analizado. A la vez, se comprueba que la radiación absorbida resulta sensible a cambios sutiles en la dinámica del funcionamiento de la vegetación. Estos cambios pueden ser detectados antes o sin que estos afecten a la estructura, en este caso representada por el tipo de cobertura de vegetación. Esta comparación realizada

entre el funcionamiento de las coberturas del Parque y del Contorno pone de relevancia el papel de los espacios protegidos como referencia para la evaluación de los cambios en el conjunto del territorio (Garbulsky y Paruelo 2004).



**Figura 7.** Evaluación de la efectividad de las medidas de conservación. Radiación absorbida por cuatro coberturas vegetales en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar y en zonas adyacentes similares (Contorno). Los puntos indican el promedio de 20 píxeles para cada año (período 2000-2007), y las líneas el promedio y el intervalo de confianza ( $\alpha=0.05$ ). Letras distintas indican diferencias significativas entre sitios para cada cobertura ( $P<0.04$ ).

El desarrollo de un sistema de seguimiento y alerta similar al descrito es factible en áreas protegidas. El sistema es relativamente sencillo y poco costoso, y es mantenido por un pequeño laboratorio con capacidad de procesamiento de sistemas de información geográfica (Grigera et al. 2007a). El esquema metodológico de base para la implementación dependerá de cada caso particular, en general requiere de una caracterización de la heterogeneidad de la vegetación y de la obtención de imágenes satelitales y registros de radiación incidente. Las bases de datos se generan combinando el índice de vegetación provisto por el satélite con los registros de radiación (Grigera et al. 2007a). El sistema puede actualizar la información mensualmente aunque por supuesto podrían necesitarse actualizaciones menos frecuentes, por ejemplo semestrales. La información puede ser utilizada por gestores de áreas protegidas para evaluar, en el corto o largo plazo, la necesidad y/o prioridad de la gestión de un área. Aunque los resultados aquí presentados corresponden a una selección de píxeles, el análisis puede extenderse a la totalidad del territorio y así generar capas de información continua.

## Agradecimientos

El trabajo fue financiado a través del convenio de cooperación entre la Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía) y la Universidad de Almería "Desarrollo rural y sostenibilidad ambiental: diseño y ejecución de programas de seguimiento"; y el proyecto del programa de Excelencia de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía "Efectos del cambio global sobre la biodiversidad y el funcionamiento ecosistémico mediante la identificación de áreas sensibles y de referencia en el SE ibérico". Agradecemos a José M. Paruelo el apoyo y las valiosas sugerencias realizadas en el desarrollo del trabajo.

## Bibliografía

- Anderson, L.O., Shimabukuro, Y.E., Defries, R.S., Morton, D. 2005. Assessment of deforestation in near real time over the Brazilian Amazon using multitemporal fraction images derived from Terra MODIS. *IEEE Geoscience and Remote Sensing* 2:315-318
- Clark, J.S., Carpenter, S.R., Barber, M., Collins, S., Dobson, A., Foley, J.A., Lodge, D.M., Pascual, M., Pielke, R., Pizer, W., Pringle, C., Reid, W.V., Rose, K.A., Sala, O.E., Schlesinger, W. H., Wall, D.H., Wear, D. 2001. Ecological forecasts: an emerging imperative. *Science* 293:657-660.
- Cleary, D. 2006. The questionable effectiveness of science spending by international conservation organizations in the tropics. *Conservation Biology* 20:733-738
- CMA 2007. *Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del suelo de Andalucía*. Consejería Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Sevilla, España.
- Durante, P., Oyonarte, C., Valladares, F., en prensa. Influence of land use types and climatic variables on seasonal patterns of NDVI in Mediterranean Iberian ecosystems. *Applied Vegetation Science* 00:000-000..
- Escribano, P. 2002. *Definition of zonation units in Cabo de Gata - Níjar Natural Park*. Thesis Report GIRS-2002-045, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- EUROPARC-España 2005. *Diseño de planes de seguimiento en espacios naturales protegidos. Manual para gestores y técnicos*. Fundación Gonzalez Bernaldez, Madrid, España.
- Garbulsky, M.F., Paruelo, J.M. 2004. Remote sensing of protected areas to derive baseline vegetation functioning characteristics. *Journal of Vegetation Science* 15:711-720
- Grigera, G., Oosterheld, M., Pacín, F. 2007a. Monitoring forage production with MODIS data for farmers decision making. *Agricultural Systems* 94:637-648
- Grigera, G., Oosterheld, M., Durante, M., Pacín, F. 2007b. Evaluación y seguimiento de la productividad forrajera. *Revista Argentina de Producción Animal* 27:137-148
- Monteith, J. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 9:747-766
- Paruelo, J., Garbulsky, M.F., Guerschman, J.P., Jobbagy, E.G. 2004. Two decades of normalized difference vegetation index changes in South America: identifying the imprint of global change. *International Journal of Remote Sensing* 25:1-14
- Paruelo, J.M., Piñeiro, G., Oyonarte, C., Alcaraz, D., Cabello, J., Escribano, P. 2005. Temporal and spatial patterns of ecosystem functioning in protected arid areas of Southeastern Spain. *Applied Vegetation Science* 8:93-102
- Ruimy, A., Saugier, B., Dedieu, G. 1994. Methodology for the estimation of terrestrial net primary production from remotely sensed data. *Journal of Geophysical Research* 99:5263-5283
- Running, S.W., P.E.T., Nemani, R., Glassy, J.M. 2000. Global terrestrial gross and net primary productivity from the Earth Observing System. En: Sala O.E., Jackson R.B., Mooney H.A., Howarth R.W. (Eds) *Methods in ecosystem science*, pp 44-57. Springer-Verlag New York Inc. New York, USA.