

Caracterización y delimitación de praderas de *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa* mediante imágenes procedentes de sensores hiperespectrales (Parque Natural de Gata-Níjar, Almería)

A. Cabello¹, J. E. Frieyro¹, L. Granado¹, A. Hayas¹, E. Méndez¹, G. Montoya¹, I. Pino¹ y J. A. Domínguez²

¹ AGENCIA DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA. Subdirección de Comunicación y Sistemas de Información y Unidad de I+D+i. Johan G. Gutenberg, 1. 41092, Sevilla. frfeyro@agenciamedioambienteyagua.es

² Consultor externo. C/ Bolívar, 17 F 3º D 28045, Madrid.

Este estudio se ha realizado en el marco del Proyecto "Implementación de nuevas tecnologías mediante la aplicación al sector medioambiental de metodologías avanzadas con sensores hiperespectrales" financiado por EGMASA (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía) e incentivado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía (Incentivos al Fomento de la Innovación y al Desarrollo Empresarial), y el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (Programa PROFIT 2007).

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar y delimitar las fanerógamas presentes en el litoral andaluz, se inicia una línea de investigación basada en técnicas con imágenes procedentes de sensores hiperespectrales, aprovechando el minucioso registro del espectro electromagnético que proporcionan éstos. Las imágenes adquiridas proceden del sensor CHRIS a bordo del satélite Proba y del sensor aerotransportado CASI.

Se caracterizan espectralmente las especies de fanerógamas, *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*, presentes en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, efectuándose una exhaustiva radiometría de campo. Asimismo, se toman medidas para la caracterización de la columna de agua, basada en el cálculo del coeficiente de atenuación difusa (Kd).

La obtención de una imagen del fondo marino requiere de la corrección del efecto de atenuación de la luz con la profundidad. Se aplican diversos métodos, unos basados en la caracterización de la energía a su paso por la columna de agua y otros fundamentados en relaciones empíricas entre datos de campo/imágenes.

En la fase final, se procede a la elaboración de la cartografía del fondo marino partiendo de los procedimientos de clasificación supervisada, alimentados por los índices y band-ratios calculados en la fase de análisis de las imágenes.

OBJETIVOS

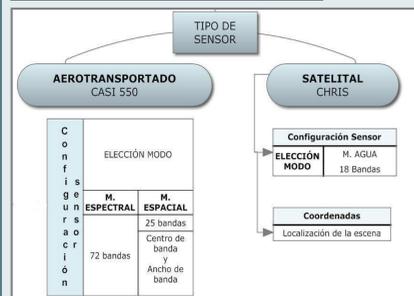
1. Caracterización y delimitación de las praderas de fanerógamas marinas en el ámbito del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar.
2. Discriminación de diferentes especies de fanerógamas marinas que componen la pradera.
3. Elaboración de una cartografía específica para la ayuda a la gestión y el control de este hábitat.



Delimitación de la zona de estudio.

METODOLOGÍA

Adquisición de imágenes



Sensores utilizados y configuración elegida.

Campañas de campo

| Caracterización bentos | | Caracterización masa de agua | |
|------------------------|----------------|---|-----------------|
| ✓ Absorbancia | ✓ Reflectancia | ✓ Reflectancia de la superficie del agua | ✓ Conductividad |
| ✓ Picos de absorción | | ✓ Irradiancia ascendente/descendente en la columna del agua | ✓ Temperatura |
| | | ✓ Velocidad y dirección del viento → oleaje | ✓ Profundidad |
| | | ✓ Transparencia | ✓ PAR |
| | | | ✓ O.D. |
| | | | ✓ Fluorescencia |

Tratamiento y análisis de las imágenes

- Generación de máscaras de tierra (batimetría y banda infrarrojo).
- Transformación MNF para minimizar el ruido de la imagen.
- Corrección de "sunglint" en la imagen CASI modo espacial. Método de Kutser en 2009.

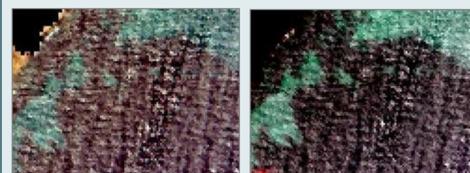


Imagen CASI adquirida en modo espacial, sin corrección (imagen izquierda) y con corrección del efecto de sunglint (imagen derecha).

- Corrección del efecto de la profundidad: relaciones empíricas entre datos de campo (principales tipos de fondo presentes en la zona a distinta profundidad) e imágenes.
- Cálculo de cocientes e índices normalizados entre bandas.

| | INDICES IR-R | INDICES IR-V | INDICES R-A | INDICES V-A | INDICES V-R | BAND RATIOS |
|-----------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------|
| VUELO BAJO CASI | | | 605-491 | 550-491 | | 429/491 491/502 491/512 |
| VUELO ALTO CASI | | | 758-553 | 606-493 | 553-493 | 584-606 493/509 493/516 |
| CHRIS PROBA | | | 758-576 | 629-493 | | 584/553 584/606 490/510 |

Índices y band ratios calculados y utilizados en las posteriores clasificaciones mediante árboles de decisión.

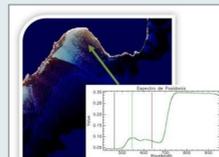
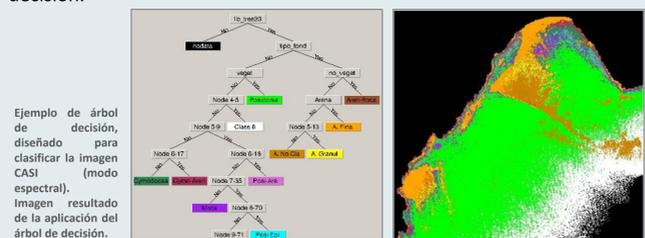


Imagen y firma espectral resultante de la corrección de la columna de agua.

- Clasificaciones supervisadas utilizando la información aportada por los cocientes e índices normalizados: Spectral Angle Mapper y árboles de decisión.

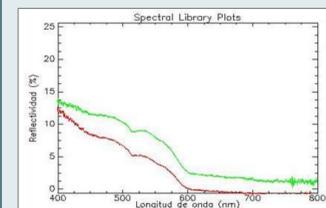


Ejemplo de árbol de decisión, diseñado para clasificar la imagen CASI (modo espacial). Imagen resultado de la aplicación del árbol de decisión.

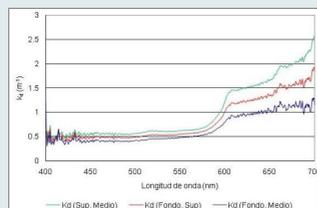
Tratamiento y análisis de datos medidos en campo

- Cálculo de la reflectancia en la superficie del mar (Mueller et al., 2000), medida sobre dos puntos de *Posidonia oceanica*.
- Las medidas de irradiancia a diferentes profundidades proporcionaron los valores del coeficiente de atenuación difusa de la luz Kd (Jerlov, 1976; Mueller et al., 2000; Mobley, 1999).
- Caracterización espectral de las dos especies de fanerógamas marinas presentes en la zona de estudio: medidas realizadas directamente sobre las muestras obtenidas de *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*.

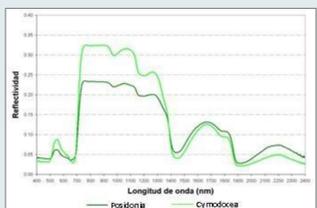
$$K_d = 1/(z_2 - z_1) * \ln(E_d(z_2)/E_d(z_1))$$



Reflectancia medida por encima de la superficie de agua sobre dos puntos de *Posidonia*.

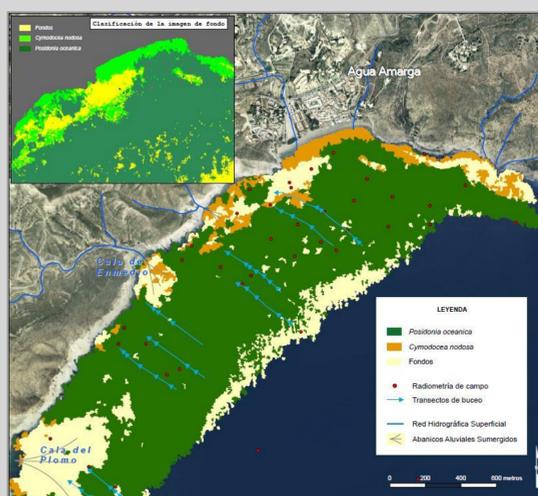


Coefficiente de atenuación de la luz, medida en sentido descendente, a tres profundidades.



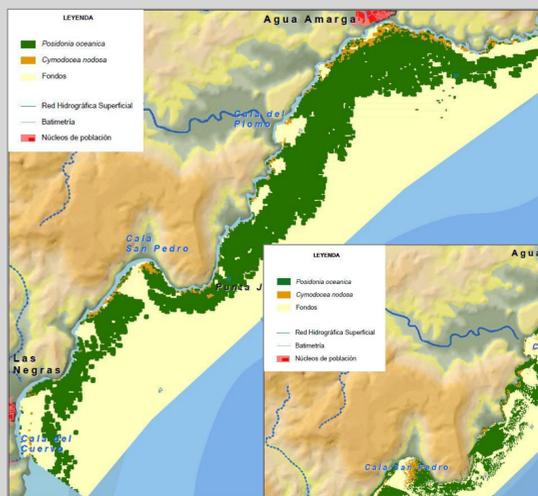
Espectros de reflectancia de *Posidonia* y *Cymodocea* samas.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES



Cartografía derivada de la CASI adquirida en modo espectral (resolución: 4 m).

Resultados CASI MODO ESPECTRAL (4m)
Coeficiente Kappa: 0.67
Precisión total: 77.77%



Cartografía derivada de la imagen CHRIS PROBA (modo agua), (resolución: 17 m).

Resultados CHRIS PROBA (modo agua),
Coeficiente Kappa: 0.64
Precisión total: 81.25%



Cartografía derivada de la imagen CASI adquirida en modo espacial (resolución: 2m).

Resultados CASI MODO ESPACIAL (2m)
Coeficiente Kappa: 0.69
Precisión total: 80.15%

- La corrección del efecto de la profundidad ha permitido obtener una cartografía con información del fondo marino hasta, aproximadamente, la isobata de los 30 m.
- Han sido las clasificaciones supervisadas las que mejor resultado han generado, destacando el clasificador SAM (Spectral Angle Mapper) y la clasificación mediante árboles de decisión. El conocimiento espectral de la zona, permitió una previa selección de las bandas que englobaban las longitudes de onda que mayor información aportaron para la discriminación de las dos especies de fanerógamas presentes: 555, 580 y 606 nm.
- Se han discriminado diferentes tipos de coberturas y fondos, no sólo en lo referido a las fanerógamas sino también a los fondos donde se asientan.
- Los resultados obtenidos con los dos sensores utilizados en el proyecto (Chris y CASI) y con diferentes configuraciones de CASI, han permitido obtener una cartografía detallada del fondo litoral, de gran utilidad para la gestión ambiental de este espacio.

BIBLIOGRAFÍA

BREIMAN, L., Friedman J.H., Oldshen R.A., and Stone C.J., 1984. *Classification and Regression Trees*. Belmont, California, Wadsworth International Group, 358 pags. ISBN: 0-412-04841-8.
 GUANTER, L. et al., 2006. *Coupled Approach for Spectral/Radiometric Calibration and Surface Reflectance Retrieval from CHRIS/PROBA Data*. 4th ESA CHRIS/PROBA Workshop. ESA/ESRIN.
 JERLOV, N.G., 1976. *Marine Optics*. Amsterdam, Elsevier, 231 pags.
 KUTSER, T. et al., 2009. *A sun glint correction method for hyperspectral imagery containing areas with non-negligible water leaving NIR signal*. Remote Sensing of Environment, 113, 2267-2274.
 MARTORENA, S., MOREL, A. y GENTILI, B., 1994. *Diffuse Reflectance of Oceanic Shallow Waters: Influence of water depth and bottom albedo*. Limnology and Oceanography, 39 (7), 1689-1703.
 MUELLER, J.L. et al., 2000. *Above-water radiance and remote sensing reflectance measurement and analysis protocols*. Chapter 10. NASA/TM-2000-209966 Ocean Optics Protocols for Satellite Ocean Color Sensor Validation, revision 2. NASA-GSFC. Editores: Giulieta S. Fargion and James L. Mueller.
 VERMOTE, E.F. et al., 1997. *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: An overview*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 35 (3), 675-686.

AGRADECIMIENTOS

A la ESA por los datos cedidos del sensor Chris Proba.



XIV Congreso Nacional de la Asociación Española de Teledetección. Mieres, 20-23 Septiembre de 2011.