

UTILIDAD DEL NDVI PARA EL ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE LOS HUMEDALES COSTEROS. O SAPAL DE CASTRO MARIM (PORTUGAL)

Castaño, S.; Mejuto, M.F.; Quintanilla, A.; Ruiz, J.R. y García-Consuegra, J.

scastano@idr-ab.uclm.es

Sección de Teledetección y S.I.G.. Instituto de Desarrollo Regional.
Universidad de Castilla-La Mancha. Campus Universitario
02071 – Albacete

RESUMEN: En la presente comunicación se exponen los estudios realizados en la Reserva Natural do Sapal de Castro Marim e Vila Real de Santo António (Portugal), un humedal costero situado en la desembocadura del río Guadiana, y las conclusiones alcanzadas. En este tipo de ambientes, influenciados por el agua marina y fluvial, y sometidos a procesos de degradación antrópica, el análisis multitemporal de los NDVI de áreas-tipo ofrece resultados que permiten conocer su evolución y determinar los parámetros que más directamente están relacionados con la misma.

Este estudio ha sido realizado en el marco del Proyecto Europeo "Application of Space Techniques to the Integrated Management of a River Basin Water Resources (ASTIMwR)". n.º ENV4-CT96-0366.

PALABRAS CLAVE: Teledetección, índices de vegetación, humedales costeros, evolución medioambiental.

ABSTRACT: This paper presents the kind of survey accomplished in the area of the Reserva Natural do Sapal de Castro Marim e Vila Real de Santo António (Portugal), a coastal wetland located at the Guadiana River mouth, and the results obtained. In this kind of environments, influenced both by marine and fluvial waters and subjected to degradation due to human pressure, the multitemporal evolution of NDVI of some test-plots allows to obtain information about the evolution of the wetland and about the parameters that directly control that evolution.

This study has been developed in the frame of the European Project "Application of Space Techniques to the Integrated Management of a River Basin Water Resources (ASTIMwR)". n.º ENV4-CT96-0366.

KEYWORDS: Remote Sensing, vegetation indexes, coastal wetlands, environmental evolution.

RESERVA NATURAL DE CASTRO MARIM E VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO

La Reserva Natural do Sapal de Castro Marim e Vila Real de Santo António es un humedal costero de 2089 ha, localizado al Sudeste de Portugal (Algarve) en la margen izquierda de la desembocadura del río Guadiana (Figura 1). Fue declarado Reserva Natural, por Decreto 162/75 de 27 de marzo, constituyendo la primera Reserva Natural que se creó en Portugal (Xavier, A., 1995). En 1979 fue clasificado Zona de Protección Especial en el ámbito de la directiva comunitaria 79/409/CEE, relativa a la conservación de las aves salvajes. Actualmente sufre un importante proceso de antropización, cuyos principales factores son: alteración de la red viaria, presión urbanística, fuerte presión de caza, pesca furtiva y conversión de salinas (Farinha *et al.* 1994).

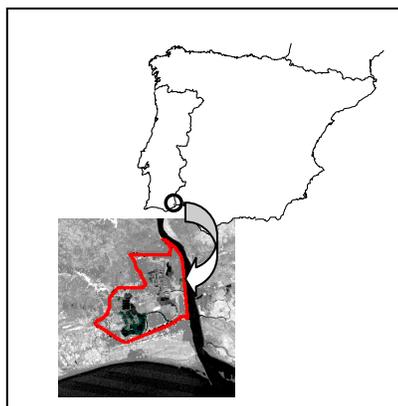


Figura 1.- Localización del Sapal de Castro Marim.

Geomorfológicamente es una zona casi completamente llana, en la que aparecen de forma aislada pequeñas colinas, constituida principalmente por formaciones post-miocénicas representadas por series lutíticas no consolidadas, de génesis fluvial y marina que se apoyan sobre un substrato metamórfico.

Su clima es típico mediterráneo, caracterizado por la presencia de un periodo seco que coincide con el verano, temperatura media anual de 17° C y precipitación media anual de unos 480 mm, distribuidos principalmente entre Octubre y Abril.

Su vegetación es principalmente de carácter halofítico, con presencia importante de *Spartina* (Fernandes 1986). Además, existe vegetación no halofítica, aunque tolerante a la presencia de sales en la composición del substrato, típica de la flora mediterránea. Entremezcladas con la vegetación natural existen pequeñas parcelas agrícolas, dedicadas al cultivo de cereales de invierno (cebada, avena y trigo), viña, olivos, algarrobos y algunos hortícolas como tomates y habas.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

En este trabajo hemos pretendido desarrollar una metodología de análisis de imágenes Landsat-TM adecuada para conocer la evolución de los humedales costeros y los elementos que en ella influyen. Intentamos determinar las potencialidades que los sensores TM tienen para realizar este tipo de estudios y sistematizar una metodología que pudiera integrarse en un sistema informatizado susceptible de ser aplicado a otros humedales de similares características. Para ello se realizaron cuatro tipos de análisis de las imágenes Landsat-TM:

1. Clasificación supervisada.
2. Clasificación no supervisada.
3. Estudio de los NDVI globales de la zona.
4. Estudio de los NDVI de áreas tipo.

Esta comunicación se centra en el tema del análisis de NDVI de áreas tipo por ser este el que mejores resultados ofreció.

METODOLOGÍA

Probado y descartado el uso de la clasificación para el análisis de la evolución del humedal (por

la complejidad espectral de las cubiertas existentes en el humedal), se recurrió al estudio de la evolución de los parámetros directamente relacionados con la cobertura vegetal mediante el análisis del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI), planteándose dos enfoques:

1. Estudio de los NDVI globales de la zona.
2. Estudio de los NDVI de áreas tipo.

Tomando como referencia nuestra experiencia en otros trabajos, se eligieron dos imágenes de primavera y verano para cada año. Los años estudiados han sido 1985,1987,1990,1994,1996 y 1997.

La normalización radiométrica se realizó tomando como referencia las imágenes de primavera y verano de 1985, por ser el más antiguo del conjunto seleccionado y por tratarse de un año pluviométrico estándar.

Análisis de los NDVI de áreas tipo.

El análisis de los NDVI globales del Sapal de Castro Marim encontró diversas dificultades, dado que en el Sapal no existen coberturas uniformes, lo que obliga a trabajar con píxeles mixtos; además, la vegetación presente era de ciclos cortos. Por todo ello, este método no aprecia cambios significativos en la superficie cubierta por vegetación natural; por el contrario, se observa un crecimiento continuo de la superficie ocupada por el núcleo urbano (Castro Marim) y el puerto. La superficie en regadío sufre también cambios pero sin una tendencia definida; lo mismo ocurre con la superficie ocupada por salinas. En conjunto, podemos decir que la zona de estudio no tiene una dinámica importante en lo que se refiere a la evolución de usos del suelo y el estudio de la evolución de los índices de vegetación de forma global para todo el humedal no registra cambios suficientemente significativos para poder relacionarlos con parámetros determinados.

Para solucionar estas limitaciones se procedió al estudio de la evolución de los NDVI en diferentes áreas-tipo o parcelas "test". Este método presenta la ventaja de permitir el seguimiento sobre imágenes de las áreas con coberturas mejor determinadas como resultado de las campañas de campo. Cada área seleccionada debe representar un tipo de cobertura homogénea, que pueda considerarse significativa y característica de la zona de estudio.

En este estudio se seleccionaron y estudiaron diez áreas test, representando las clases predominantes en el Sopal de Castro Marim: dos áreas de *Spartina*, dos áreas de dehesa sin pasto, dos áreas de salinas, dos áreas de humedal, una dehesa con pasto y una dehesa con cereal. Además, se escogieron también dos áreas en el exterior de la reserva, por ser clases con un comportamiento más estable que las existentes dentro del área: suelo urbano y pinar.

Una vez obtenidos los datos de evolución del índice de vegetación de cada área, se contrastaron con valores de otras variables hidrológicas que pudieran condicionar la evolución del sistema, analizándose por separado y conjuntamente los valores de primavera y verano. Las principales variables consideradas fueron: precipitaciones, caudales del río Guadiana y ciclos mareales (Figura 2).

Precipitación

Los valores de precipitación utilizados han sido los totales mensuales de la estación de Castro Marim, que presenta una serie completa y fiable para el periodo de estudio. Con estos datos se han realizado dos planteamientos distintos:

- a) Por un lado se ha comparado la evolución de índice de vegetación para cada imagen con la precipitación total anual (considerados años hidrológicos, de Octubre a Septiembre) del año en que fue tomada la imagen.
- b) Por otra parte se ha considerado la precipitación ocurrida en el periodo previo a la fecha de toma de la imagen. El periodo de tiempo escogido ha sido de dos meses. Hemos considerado el periodo de un mes como insuficiente debido a los efectos de la lluvia en el suelo así como la escorrentía subterránea que se produce en los niveles superiores de las rocas metamórficas fracturadas.

Caudales del Guadiana.

Con los datos de caudales del río Guadiana hemos seguido el mismo proceso que con los de precipitación, pero considerando sólo el mes anterior a la fecha de toma de la imagen, puesto que los caudales circulantes tienen periodos de permanencia en la cuenca tan sólo de orden de horas o días.

Debido a que no se ha podido disponer de caudales reales medidos en alguna estación del curso

bajo del Guadiana se han utilizado los datos de caudal circulante por el Guadiana a la altura de la frontera hispano-portuguesa. Concretamente para el periodo 1980/81–1993/94 se han utilizado los datos de la estación de aforo de Puente Palmas y por inutilidad de ésta a partir de 1994, los datos del cercano azud de Badajoz para el periodo de 1995/96–1996/97.

Ciclos mareales.

Aunque una vez reconocida en el campo la zona de estudio, resultó previsible la poca influencia de los ciclos mareales en el Sopal de Castro Marim, se ha realizado el contraste de datos para verificar dicha suposición; para ello se generó una serie mareal sintética a partir del programa informático Tides and Currents 2.5, y se comparó con los valores de índices de vegetación.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten verificar la utilidad del análisis de la evolución de los NDVI de áreas-tipo. Esta metodología permitió un análisis de la evolución del humedal con mayor precisión que los otros métodos estudiados y es la única con la que ha sido posible determinar a que parámetro de los analizados es más sensible el desarrollo de la cobertura vegetal en la Reserva Natural de Castro Marim.

Las principales conclusiones obtenidas mediante el análisis de los NDVI de áreas-tipo en el humedal de Castro Marim son:

- Los valores de los NDVI de las diferentes áreas-test seleccionadas se correlacionan con la evolución de los valores de precipitación en los dos meses previos a la fecha de toma de la imagen Landsat-TM analizada en cada caso. Esta relación es muy buena para las zonas con pinar, vegetación de humedal en mosaico y, en menor medida, las áreas con *Spartina*. Sin embargo, en las dehesas que tienen algún tipo de cultivo forrajero asociado, esta relación varía para alguna fecha, debido sin duda a las prácticas de cultivo. La evolución de las salinas muestra en términos generales relación también con las lluvias debido a la disminución en las concentraciones de sales que estas producen, siendo esta relación dependiente del tipo de práctica de cada salina.
- Un análisis detallado de las clases de vegetación

revela que la variación de los valores de índices de vegetación es tanto mayor cuanto mayor es la estacionalidad de la vegetación.

- No se observa relación entre los ciclos mareales y los datos de precipitación anual total con la evolución del índice de vegetación.
- A pesar de que la evolución de caudales del Guadiana y de los índices de vegetación son coincidentes para algunas fechas, no existe proporcionalidad entre estos valores. Un análisis detallado pone de manifiesto que esta correlación se debe a que habitualmente los meses con más precipitación (y generación de mayores caudales) en la cuenca del Guadiana son también los más lluviosos en la zona de su desembocadura, donde, como ya se ha explicado, la precipitación es el factor crítico que controla los valores del índice de vegetación.

De todo esto se puede concluir que el Sopal de Castro Marim es un medio natural antropizado, afectado por la transformación de áreas de vegetación natural a suelo agrícola y por el aprovechamiento de las salinas; sin embargo, no existen en la zona cambios importantes en el tipo de usos del suelo ni una evolución claramente negativa en lo que a grado de

cobertura vegetal natural se refiere desde 1984. El elemento más influyente en las variaciones de cobertura vegetal observadas en el Sopal de Castro Marim en el periodo de tiempo estudiado ha sido el clima, fundamentalmente la distribución de las precipitaciones. La variación de la actividad de la cubierta vegetal está directamente relacionada con la precipitación producida en un corto período de tiempo antes de la medida de dicha actividad.

BIBLIOGRAFÍA

Farinha, J.C. and A. Trindade, 1994. *Contribuição para o Inventário e Caracterização de Zonas Húmidas em Portugal Continental*. Instituto da Conservação da Natureza. Lisboa.

Fernandes, M. 1986. *Comunidades halofílicas da reserva de Castro Marim*. Instituto Nacional de Investigação Científica. Lisboa.

Xavier, A., 1995. *Reserva Natural do Sopal de Castro Marim e Vila Real de Santo António*. NSCMeVRSA. Lisboa.

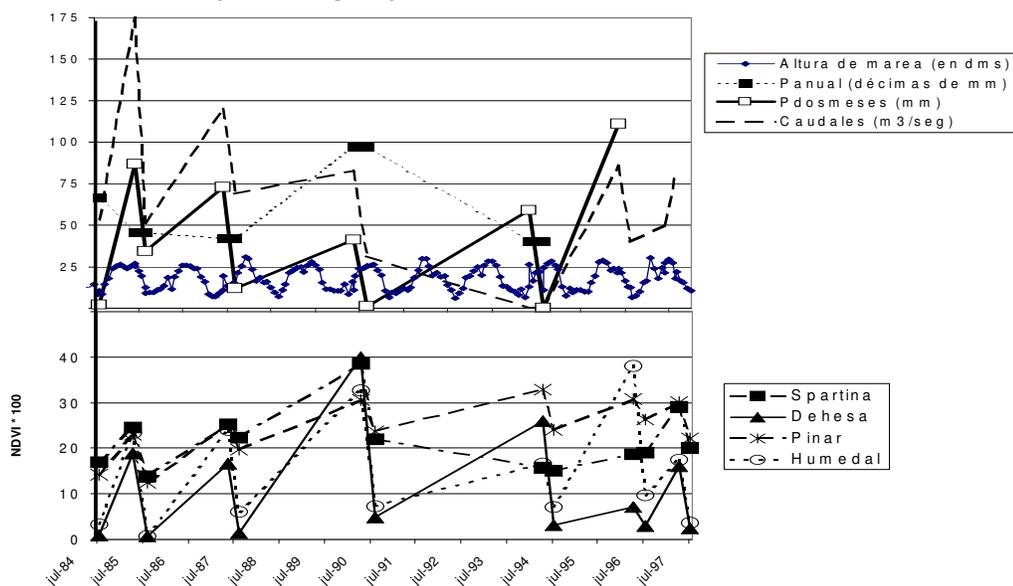


Figura 2.- Evolución de los valores de NDVI de áreas tipo (abajo) y de parámetros considerados (arriba).