

Desarrollo de un indicador para el seguimiento de los niveles de inundación en humedales Mediterráneos

Antonio Sánchez⁽¹⁾, Dania Abdul Malak⁽¹⁾, Anis Guelmami⁽²⁾, Christian Perennou⁽²⁾, Juan Francisco Martínez-Murillo⁽³⁾

(1) Centro Temático Europeo, Universidad de Málaga, España, e-mail: a_sanchez@uma.es

(2) Tour du Valat, Centro de Investigación para la Conservación de los Humedales Mediterráneos, Francia, e-mail: perennou@tourduvalat.org

(3) Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, España, e-mail: jfmmurillo@icloud.com

Los humedales representan ecosistemas sensibles que son objeto de amenazas antropogénicas. En las últimas décadas, los humedales costeros en el Mediterráneo han sufrido presiones considerables por el crecimiento urbano y la intensificación de prácticas agrícolas. Las técnicas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas eficientes que pueden apoyar el seguimiento de humedales costeros del Mediterráneo. Estas técnicas han sido utilizadas para desarrollar un indicador de inundación para apoyar el seguimiento y control de humedales costeros en el sur de Francia. El indicador se basa en series temporales de imágenes del satélite Landsat, que cubren los años 2000, 2007 y 2012; y capas de referencia de usos del suelo para identificar y mapear los niveles de inundación anuales. La metodología combina el uso de índices de vegetación con un árbol de decisión para detectar la masa de agua que cubre los humedales en diferentes fechas dentro de un ciclo anual. Un proceso de validación es implementado para comprobar la fiabilidad del indicador comparándolo con los inventarios de humedales.

Los resultados indican que el área de estudio presenta un alto nivel de inundación a lo largo de todo el año. Durante el periodo de estudio, el 40% del área se encuentra permanentemente inundada. El nivel de inundación aumenta hasta el 56-62% cuando las inundaciones estacionales son consideradas. Los niveles más altos son detectados durante el invierno (lluvias) y en primavera (inundación de campos de arroz). Las comparaciones temporales en los niveles de inundación muestran que hay una tendencia decreciente con los años (62% en 2000; 59% en 2007; y 56% en 2012).



El marco espacial del estudio es la provincia Bouches-du-Rhône, conocida también como Departamento 13 (Dep.13), en la región Provenza- Alpes-Costa Azul (PACA), en el sureste de Francia. Alrededor del 19% de la superficie de la provincia, 104.717 ha, está formada por grandes humedales naturales y semi-naturales (lagunas de agua salobre, pantanos, salinas, etc.) siguiendo la definición de Ramsar utilizada a lo largo de este estudio. El tamaño de los humedales y masas de agua es muy variable.

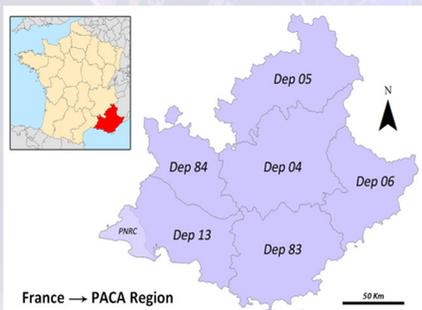


Figura 1. Localización del área de estudio. Ejemplo de imagen satélite Landsat 7 ETM+ (falso color) de la zona costera del Dep. 13.

Landsat 7 ETM+
Años 2000, 2007, 2012
5 imágenes por año

Tasseled Cap (TC)
Índices Verdor (Greenness, G)
y Humedad (Wetness, W)
(Kauth y Thomas, 1976)

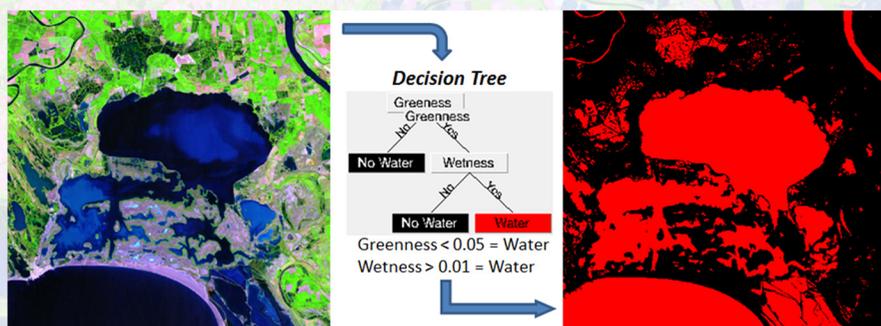


Figura 2. Árbol de decisiones generado para una imagen Landsat 7 ETM+ de julio de 2001. G y W se emplean para distinguir entre las zonas de agua ($G < 0; W > 0$), y las zonas sin agua ($G > 0; W < 0$). La superficie en rojo corresponde al área inundada detectada.

Frecuencia anual de inundación
Unión de capas mensuales

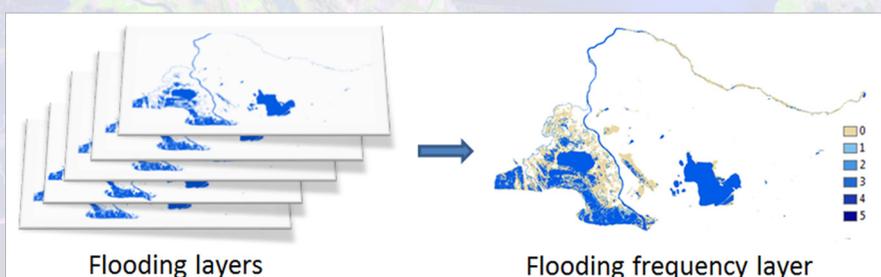


Figura 3. Proceso de unión de las capas mensuales de inundación. Cada capa tiene valores de 0 y 1 (zona no inundada o inundada respectivamente), por lo que se obtiene una capa final con valores de 0 a 5 (zonas nunca o permanentemente inundadas).

La superficie detectada en cada fecha estudiada se contrastó con capas de referencia (inventarios de humedales y usos del suelo) para calcular el grado de inundación de los humedales: área y porcentaje de inundación. El grado anual de inundación se calculó de tres formas diferentes:

- **Media:** el valor promedio de área inundada durante los meses analizados en un año.
- **Máximo:** el valor máximo inundación en ese año.
- **Total anual:** superficie total inundada en el año; la unión de las 5 imágenes mensuales.



Figura 4. Grado de inundación de humedales calculado de tres formas diferentes: media, máximo y total anual.

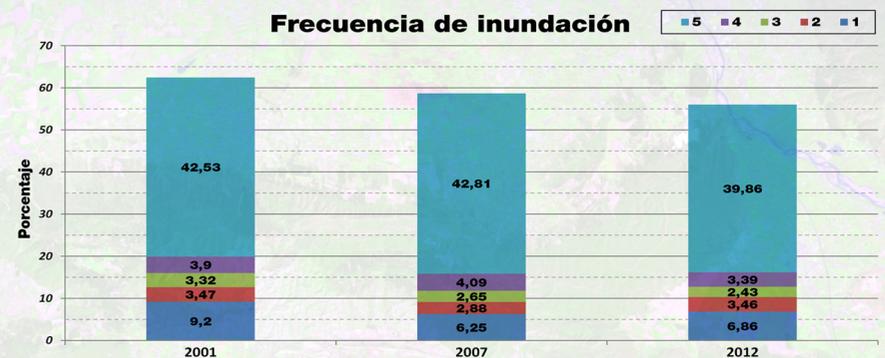


Figura 5. Resultados del análisis de frecuencia de inundación.

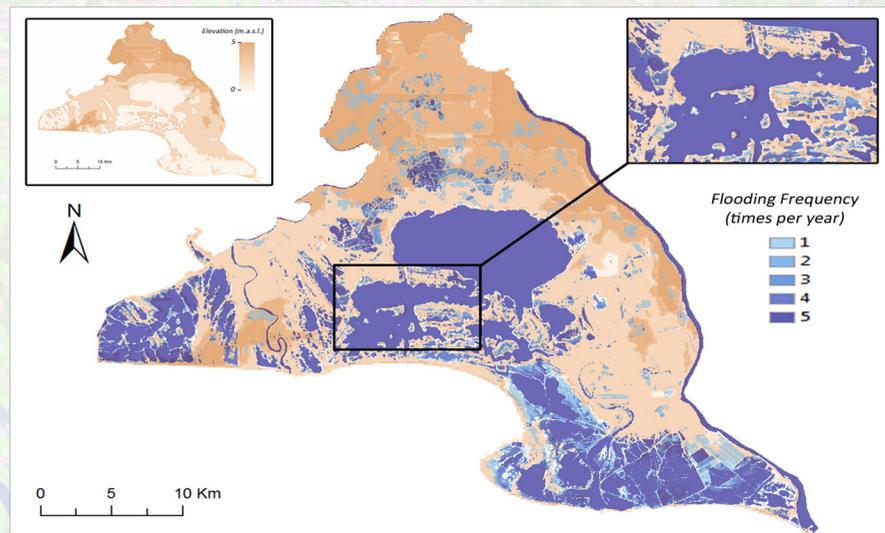


Figura 6. Ejemplo de mapa de frecuencia de inundación del Parque Natural Regional de la Camarga en el año 2007, junto al modelo digital del terreno producido por el Instituto Nacional de Geografía de Francia. Se observa que los humedales se localizan principalmente en zonas de poca altitud, donde las inundaciones son mucho más frecuentes. También se aprecia que las áreas cercanas y conectadas a la costa son regiones más inundadas (debido a las contribuciones de las mareas).

Conclusiones

- Los resultados anuales del indicador (figura 4) muestran que el agua cubre al menos el 50% de la superficie inventariada durante el periodo estudiado.

- En cuanto a la frecuencia (figuras 5 y 6), los resultados muestran que la mayor parte de la superficie corresponde a áreas que siempre están inundadas, las cuales representan sobre el 40% de los humedales inventariados en el Dep.13.

- Esta investigación proporciona una visión general de los beneficios de un indicador espacial utilizando imágenes de satélite para identificar, inventariar y monitorear áreas de inundación de los humedales. El uso de imágenes de mayor resolución podría mejorar la precisión de los resultados.